الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم الهندسة الالكترونية والاتصالات

الجدولة الزمنية الأفضل تبعاً لتنوع متطلبات جودة الخدمة في WiMax

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

إعداد
م. ما هر عبد العزيز ريشان العوده

إشراف
الأستاذ الدكتور عبد الكريم السالم

الاستاذ في قسم الهندسة الالكترونية والاتصالات – جامعة البعث

1432هـ - 2011 م

ملخص البحث

تعتبر تقنية WiMax من أهم التقنيات اللاسلكية عريضة الحزمة، ومن المتوقع تطبيقها بدلاً من التقنيات السلكية عريضة الحزمة التقليدية بسبب تكاليف كفاءتها، ولكونها تقنية بارزة فإن WiMax تدعم تطبيقات الوسائط المتعددة مثل الصوت فوق بروتوكول الانترنت VoIP والمؤتمرات الصوتية والفيديوية Voice and Video conference وتطبيقات التسلية على الشبكة.

من هنا كان لابد من دعم مضمون جودة الخدمة بمواصفات مختلفة، من أجل شبكات النفاذ اللاسلكي. ويعتبر التصميم الجيد للجدولة الزمنية أساساً في التحكم بجودة الخدمة في نظام WiMax.

وتعتبر خوارزميات الالتفاف الحلقي RR(Round Robin)، ومخطط الإنصاف التناسبي PF(Proportional Fairness)، ومخطط الطبقة المتصالبة المتكامل ICL(Integrated Cross-Layer Scheme)، أكثر الخوارزميات استخداماً للشبكات اللاسلكية.

بعض هذه المخططات التقليدية لا تستطيع التمييز بين الخدمات بينما بعضها الآخر يمكنه إنجاز تفريق الخدمة بتطبيق عالي التعقيد .

يقترح البحث خوارزمية جدولة جديدة من أجل التجميع بتقسيم التردد المتعامد/الأنظمة المرتكزة على النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن (OFDM/TDMA) ،التي توسع مخطط الإنصاف(العادل) التناسبي PF إلى نماذج خدمة متعددة بمتطلبات متنوعة من جودة الخدمة QoS .

هدف الدراسة تصميم خوارزمية مجدول زمني تمكن من التفريق بين الخدمات المتنوعة تبعاً لمتطلبات جودة الخدمة QoS، يُنجز هذا الهدف بضبط بارامتر فريد واحد، وهو النافذة الزمنية لأجل تقييم الإنتاجية الوسطية وقياس متوسط التأخير .

تظهر المحاكاة باستخدام برنامج MatLab ، بأن خوارزمية الجدولة المفروضة تستثمر خواص مخطط الإنصاف التناسبي التقليدي PF، وتحسن الإنتاجية ،والاهم من كل هذا أنها تميز الخدمات من حيث التأخر الوسطي، أي أنها تثبت تفوق المخطط الجديد على المخططات التقليدية.

Abstract

WiMax is one of the most important broadband wireless technologies nowadays and is anticipated to be a viable alternative to traditional wired broadband techniques due to its cost efficiency.

WiMax supports multimedia applications such as voice over IP (VoIP), voice and video conference and online gaming. so, It is necessary to provide Quality of Service (QoS) guaranteed with different characteristics. Therefore, a good scheduling is critical for the WiMax system. Many traffic scheduling algorithms are available for wireless networks, e.g. Round Robin, Proportional Fairness (PF) scheme and Integrated Cross-layer scheme (ICL). Among these conventional schemes, some cannot differentiate services, while some can do the service differentiation with a high-complexity implementation.

This research proposes a new scheduling algorithm for Orthogonal Frequency Division Multiplex/Time Division Multiple Access (OFDM/TDMA)-based systems, which extends the PF scheme to multiple service types with diverse QoS requirements. The design objective is to provide differentiated services according to their QoS requirements, while the objective can be achieved by adjusting only one unique parameter, the time window to see how to differentiate the services and evaluating the average throughput. By using MatLab simulation, it is shown that the proposed scheduling algorithm exploits the advantage of the PF scheme, enhancing the throughput, and distinguishes the services in terms of the average delay and throughput.

Abbreviations table جدول المختصرات

List of Abbreviations

AMC: Adaptive modulation and Coding

BE: Best Effort

BER: Bit Error Rate

BWA: Broadband Wireless Access

BPSK: Binary Phase Shift Keying

BS: Base Station

MS_s : Mobile Stations

CSI: Channel State Information

FDD: Frequency Division Duplex

FDMA: Frequency Division Multiple Access

FFT: fast Fourier transforms

FTP: File Transfer Protocol

HDR: High Data Rate

ICL: Integrated Cross–layer scheduling

APF: Integrated Proportional Fairness

LOS: Line Of Sight

MAC: Medium Access Control

MPEG: moving pictures experts group

NLOS: Non–Line Of Sight

nrtPS: non–real–time Polling Service

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access

PDU: Protocol Data Unit

RTC: Send Ready to

CTC: Clear to Send

IFS: Interframe Space

ACK: Acknowledgment

PF: Proportional Fairness

PHY: Physical Layer

AMC: Adaptive Modulation and Coding

PMP: Point to Multi−Point

PS: Physical Slot

QAM: Quarter Amplitude Modulation

QoS: Quality of Service

QPSK: quaternary phase shift keying

RR: Round Robin

rtPS: real time Polling Service

SCa: Single Carrier

SDU: Service Data Units

SNR: Signal to Noise Ration

SS: Subscriber Station

TDD: Time Division Duplex

TDMA: Time Division Multiple Access

UGS: Unsolicited Grant Service

VBR: Variable Bit−Rate

VoIP: Voice over IP

WLAN: Wireless Local Area Networks

WiMax: Worldwide interoperability for Microwave Access

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

DSSS: Direct−Sequence Spread Spectrum

PN: pseudo−Random Noise

CA: Collision Avoidance

CD: Collision Detection

MIMO: Multiple−Input Multiple−Output

Wi−Fi : Wireless−Fidelity

CCK: Complementary Code Keying

WMM : Wireless Multimedia

FPGA: Field Programmable Gate Array

VoIP : Voice Over IP

WiMax: Worldwide Interoperability for Microwave Access

US−NSPAC: United State –National Standard Policy Associate Committee

ITU : International Telecommunication Union

ISO: International Standards Organization

OSI : Open Systems Interconnection

L1:Physical Layer

L2 : Data link layer

PHY : **Physical Layer**

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

GPTS: Grand Per Type of Service

الفهرس

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

الفصل الأول

الشبكات اللاسلكية

Networks Wireless

1- الفصل الأول الشبكات اللاسلكية

1 ~~1~~ مقدمة: Introduction

دفعت الحاجة إلى نقل البيانات وتبادلها إلى تطوير الشبكات بالسرعة التي شهدتها هذه الأيام.
و معنى كلمة شبكة هو " ترابط مجموعه من المستخدمين مع بعضهم عن طريق وسط نقل يربط بينهم "وكانت البداية عن طريق الأسلاك أو كابل المحوري والذي يعتبر الوسط الأول الذي تنتقل فيه البيانات، ولم تتجاوز السرعات وقتها 10 Mbps.
وبما أن العلم دائما في تطور والإنسان دائما يسعى إلى المزيد من الرفاهية والسرعة في نقل المعلومات استطاع العلماء زيادة هذه السرعة عشرة أضعاف ما كانت عليه يعني 100 Mbps ومن ثم 1Gbpsإلى أن وصل في عصرنا إلى 10 Gbps.

لكن كما سبق وأن ذكرنا فإن الإنسان يسعى دائما نحو المزيد، ونتيجة لظهور مشكلة التوصيل بالكابلات أو الأسلاك وهي صعوبة التوصيل إلى المناطق الجبلية مثلاً أو المناطق النائية، وأيضا عندما تكون هناك شبكة تحتوي على عدد كبير من المشتركين يمكن أن نتخيل كمية الأسلاك الهائلة والمساحة التي تشغلها، فاتجه التفكير إلى اختراع الشبكات اللاسلكية وكانت بدايتها بما يعرف بـ Bluetooth ثم Wi-Fi ثم الآن وحديثا ما يعرف بـ WiMax .
كما عرّفت اللجنة الاستشارية لسياسة المعايير الوطنية US-NSPAC في العام 1978 "المعيار" بأنّه: "مجموعة محددة مسبقاّ من القواعد، الشروط أو المتطلبات المتعلقة بتعريف المصطلحات، تصنيف المكونات، تحديد المواد، الأداء أو الإجراءات، تخطيط العمليات، القياسات الكمية أو الجودة لتوصيف المواد، المنتجات، الأنظمة، الخدمات أو الممارسة".

1 ~~2~~ المعايير المفتوحة والمغلقة؟

يمكننا بغية التسهيل تصنيف المعايير إلى معايير مفتوحة وأخرى مغلقة. تكون المعايير المفتوحة متاحةً للعموم، على عكس نظائرها المغلقة، فالمعايير المغلقة تتاح فقط (هذا فيما إذا كانت متاحةً في الأساس) ضمن شروطٍ تعاقديةٍ صارمةٍ ومقيدةٍ جداً مع الجهة التي تملك حقوق الملكية الفكرية لمواصفات هذه المعايير. من أمثلة المعايير المفتوحة مواصفات لغة الربط التشعبي HTML، أما المواصفات المغلقة فخير مثالٍ عليها صيغ مستندات حزمة برمجيات Microsoft Office.

تساعد المعايير المفتوحة على رفع مستوى التوافقية بين التجهيزات، البرمجيات أو الأنظمة كونها متاحةً لأي شخصٍ يرغب في استخدامها. مما يعني عملياً أن بإمكان أي شخصٍ يملك الخبرة والدراية الكافية أن يبني منتجه الخاص ليعمل مع المنتجات الأخرى المتوافقة مع نفس المعيار المفتوح الذي استخدمه في بناء منتجه.

إن مجرد كون المعيار مفتوحاً لا يعني بالضرورة تحريره من حقوق الترخيص أو براءات الاختراع. في حين يمكننا اعتبار جميع المعايير المجانية مفتوحةً فإن العكس قد لا يكون صحيحاً على الدوام. بعض المعايير المفتوحة متاحة مجانا، بينما قد يطلب مالكوا براءات الإختراع لمعاير أخرى (مفتوحةً أيضاً) تعويضاً مادياً لقاء استخدام هذه المعايير. تعتبر المعايير المنشورة من قبل المنظمات الدولية مثل ITU، ISO و IEEE مفتوحةً إلا أنها ليست مجانيةً على الدوام.

باختصار شديد، لا تقتصر أهمية المعايير المفتوحة على تمكين جميع الأطراف من بناء حلولٍ متوافقةٍ مع بعضها البعض بكلفة أقل، بل تتعدى ذلك إلى تشجيع التنافس بين المنتجين عبر التحديد الواضح لقواعد اللعبة.

1 3 IEEE ومجموعات العمل التابعة له:

يعتبر المعهد الدولي لمهندسي الكهرباء والإلكترون IEEE – وهو منظمة دولية غير ربحية – المطور الأساسي للمعايير الدولية، وعلى وجه الخصوص تلك المتعلقة بالاتصالات، تقنية المعلومات وتوليد الطاقة الكهربائية. يملك المعهد مجموعةً من 900 معياراً قيد الاستخدام و 400 أخرى قيد التطوير.

من أكثر معايير IEEE شيوعاً مجموعة معايير IEEE 802 LAN/WAN والتي تتضمن معيار شبكات الإيثرنت (IEEE 802.3) ومعيار الشبكات اللاسلكية (IEEE 802.11).[1]

1 3 1 معايير IEEE 802 لشبكات المناطق المحلية:

تشير عائلة معايير IEEE 802 إلى شبكات المناطق المحلية LAN وشبكات المدن MAN. ينحصر تعريف معايير IEEE 802 بالشبكات التي تنقل حزم البيانات متفاوتة الأحجام (مقارنةً بالشبكات التي تنقل البيانات ضمن وحداتٍ قصيرةٍ ذات حجمٍ موحدٍ تدعى بالخلايا cells).

تهتم لجنة معايير شبكات المناطق المحلية والحضرية LAN/MAN بمتابعة عائلة معايير IEEE 802. تحتوي هذه اللجنة على مجموعة عملٍ مخصصةٍ لكلٍ من الأجزاء الـ 22 المضمنة في عائلة

IEEE 802 من هذه الأجزاء معيار IEEE 802.11 للشبكات اللاسلكية ومعيار IEEE 802.16 للشبكات اللاسلكية عريضة الحزمة WiMax.

1 3 2 الشبكات اللاسلكية IEEE 802.11:

يمكن توصيف معيار IEEE 802.11 ببساطة بأنه معيار شبكات الإيثرنت اللاسلكية. لقد حدد المعيار الأصلي IEEE 802.11 الذي أطلق في العام 1997 بروتوكول الوصول إلى الناقل (القناة) بتحسس الحامل مع تجنب التصادم CSMA/CD كآلية الوصول إلى الناقل ، تماماً كما هو الحال في شبكات الإيثرنت. تعتمد جميع تعديلات المعيار IEEE 802.11 على نفس آلية الوصول. إلا أنّ فاعلية بروتوكول CSMA/CD ضعيفة جداً نتيجة تضحيته بقسطٍ كبيرٍ من عرض الحزمة في سبيل ضمان وثوقية إرسال البيانات. تتواجد هذه المحدودية في جميع التقنيات المعتمدة على بروتوكول CSMA/CD.

يحدد معيار IEEE 802.11 أيضاً سرعتين أساسيتين لنقل البيانات: 1 Mbps و 2Mbps للإرسال عبر الأشعة تحت الحمراء (Infrared (IR أو الأمواج الراديوية العاملة بتردد 2.4GHZ على الرغم من عدم وجود أي تطبيقٍ عمليٍ حتى الآن للإرسال عبر الأشعة تحت الحمراء، إلا أنها مازالت جزءاً من المعيار الأصلي. يعرف معيار IEEE 802.11 بعدّة أسماء منها: Wireless-Fidelity Wi-F، WLAN، Wireless LAN و IEEE 802.11x.

Wi-Fi: وهي علامة تجاريّةٌ مرخّصةٌ يمنحها تحالف Wi-Fi للمنتجات المتطابقة مع متطلبات لتوافقية وإمكانيّة التشغيل بين المنتجات التي تعتمد على معيار IEEE 802.11. بعبارةٍ أخرى فإنّ شبكة Wi-Fi هي شبكةٌ متوافقةٌ مع معايير IEEE 802.11. يستخدم الاسم Wi-Fi حالياً على نطاقٍ واسعٍ للإشارة إلى الشبكات اللاسلكية عوضاً عن IEEE 802.11، تماماً كما يستخدم مصطلح الإيثرنت بدلاً عن IEEE 802.3.

يستخدم مصطلح الشبكة اللاسلكيةً Wireless LAN (أو اختصاراً WLAN) عادةً كتسميةٍ للدلالة على أي شبكةٍ محليةٍ تستخدم الأمواج الراديوية كناقل. يستخدم هذا المصطلح أيضاً كاسم بديلٍ لمصطلح IEEE 802.11 المستخدم من قبل المعهد الدولي لمهندسي الكهرباء والإلكترون IEEE. يستخدم مصطلح IEEE 802.11x أحياناً للإشارة إلى المجموعة الكاملة لمعايير IEEE 802.11 (a,b,g إلخ). يستخدم هذا المصطلح أيضاً للدلالة على مجموعة المعايير التي ما زالت قيد التطوير ضمن عائلة معايير IEEE 802.11 والتي لم تتم الموافقة عليها أو تطبيقها بعد. غالباً ما يلتبس هذا

المصطلح مع معيار IEEE 802.1x للتحكم بالوصول إلى الشبكة اعتماداً على العناوين الفيزيائية. على أية حال، لا توجد أية مجموعة عملٍ أو معيارٍ يدعى 802.11x.[1].

1 3 3 الجوانب التقنية لمعايير IEEE 802.11:

يتضمن معيار 802.11 مجموعةً من التعديلات المرتبطة بالشبكات اللاسلكية. تختلف هذه التعديلات فيما بينها بشكلٍ رئيسٍ في تقنيات الترميز، نطاق الترددات وجودة الخدمة QoS. يغطي معيار IEEE 802.11 – كما هو الحال في جميع معايير IEEE 802 – الطبقتين الأولى والثانية من نموذج OSI المعياري Open Systems Interconnection وهي الطبقة الفيزيائية (L1:physical layer) وطبقة وصلة البيانات (L2:Data link Layer). تبين الفقرة التالية مقتضيات هاتين الطبقتين في سياق الشبكات اللاسلكية.[2]

1 3 4 الطبقة الأولى 802.11 PHY:

إن المهمة الأساسية للطبقة الفيزيائية هي نقل الإشارات المتعلقة بالأصفار 0 والواحدات 1 للبيانات التي يرغب المرسل بإرسالها إلى المستقبل بشكل صحيح. تتعامل الطبقة الفيزيائية بشكل رئيس مع ترميز البيانات.

1 3 4 1 تقنيات الترميز:

يعتبر اختيار تقنية الترميز من العوامل الهامة التي تؤثر بشكلٍ كبيرٍ على نقل البيانات ضمن معيارٍ محدد. كلما كانت البيانات مرمزةً بفاعليةٍ أكثر كلما ازدادت سرعة نقل البيانات التي يمكن تحقيقها. من جهةٍ أخرى فإن استخدام تقنية ترميزٍ فعّالةٍ يتطلب تجهيزاتٍ متطورةٍ قادرةٍ على ترميز وفك ترميز البيانات.

تعتمد تقنيات الترميز المختلفة المستخدمة في معايير IEEE 802.11 على فكرةٍ بسيطةٍ للغاية تهدف إلى استخدام أكبر عرضٍ للحزمة يلزم نظرياً لإرسال "بت" واحد من البيانات للتغلب على الضجيج والتداخل . تقود الأساليب المختلفة لنشر البيانات ضمن الحزمة الراديوية إلى تقنيات الترميز المختلفة. سنبين فيما يلي أكثر هذه التقنيات شيوعاً:

1 3 4 1 1 الطيف المنشور باستخدام القفز الترددي FHSS:

تعتمد تقنية FHSS مبدأ الإرسال باستخدام ترددٍ واحدٍ لمدةٍ معينةٍ، ومن ثم الانتقال بشكل عشوائي إلى ترددٍ آخر، أي أن التردد الحامل للإشارة (الحامل) سيتغير مع الزمن أو أن المرسل سيقوم بتغيير التردد دورياً تبعاً لتسلسلٍ محددٍ بشكلٍ مسبق. يحقق المرسل التزامن مع المستقبل بفضل مرشدات تحتوي تسلسل الانتقالات وزمنها. تقسم حزمة الترددات المحددة في معايير IEEE 802.11 (ISM) والتي تمتد من 2.400 GHZ وحتى 2.4835 GHZ إلى 79 قناة عرض كلٍ منها 1Mbps ويتم التنقل بين الترددات كل 300ms إلى 400ms. يتم التنقل بقفزاتٍ حول ترددٍ مركزيٍ لإحدى القنوات الـ 14 المحددة مسبقاً. (لم يعد هذا الترميز مستخدماً في المنتجات الحالية).

1 3 4 1 2 الطيف المنتشر باستخدام التتابع المباشر DSSS:

تتطلب تقنية DSSS إرسال سلسلةٍ من البتات bits (والتي تدعى أحياناً بالضجيج شبه العشوائي pseudo-random noise ويرمز لها اختصاراً بـ PN) في مقابل كل بت من البيانات. يتم استبدال كل بتٍ يحمل القيمة 1 بسلسلةٍ محددةٍ من البتات في حين يستبدل كل بتٍ يحمل القيمة 0 بسلسلةٍ متممةٍ. تحدد مواصفات الطبقة الفيزيائية لمعايير 802.11 سلسلةً من 11 بتاً (10110111000) لتمثيل الرقم 1 والسلسلة المتممة (01001000111) لتمثيل الرقم 0. يقوم ترميز DSSS عوضاً عن تقسيم إشارة البيانات إلى أجزاء يتم إرسالها عبر تردداتٍ مختلفةٍ بترميز كل بتٍ من البيانات ضمن رتلٍ أطول من البتات يدعى "شريحة"–chip–. انتشر استخدام هذه التقنية على نطاقٍ واسعٍ بين الأعوام 1999 إلى 2005.[2]

1 3 4 1 3 التجميع بتقسيم التردد المتعامد OFDM:

ويدعى أحياناً ترميز النغمات المتعددة المتقطعة(Discrete Multi-Tone Modulation (DMT.
وهي تقنية ترميزٍ تعتمد على فكرة الترميز المبني على تقسيم التردد Frequency Division Multiplexing (FDM).

تتألف الإشارة الحاملة في ترميز OFDM من مجموع عددٍ كبير من الحوامل الجزئية المتعامدة والتي يتم ترميز كلٍ منها بشكلٍ مستقلٍ باستخدام إحدى تقنيات QAM أو PSK. يعتبر هذا الترميز الأكثر استخداماً منذ العام 2005.[2]

1 3 4 2 التردد

تستخدم معايير 802.11b و 802.11g للشبكات اللاسلكية حزمة الترددات 2.4 GHZ المحددة من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات ITU والتي تدعى ISM (للاستخدامات الصناعية، العلمية والطبية).

وتستخدم على وجه الخصوص الحزمة L ذات الترددات 2.4 GHZ وحتى 2.4835GHZ .

يستخدم معيار IEEE 802.11a حزمة الترددات 5GHZ التي تدعى البنية التحتية الوطنية غير المرخصة للمعلومات UNII والتي تغطي المجال من 5.15 GHZ – 5.35 GHZ و .5.825 GHZ– 5.725GHZ

لقد أصبحت حزمة الترددات 2.4GHZ غير المرخصة مؤخراً مزدحمةً بشدة في المناطق الحضرية نتيجة ازدياد أعداد الشبكات اللاسلكية والتجهيزات الأخرى التي تستخدم نفس نطاق الترددات كأفران المايكروويف، الهواتف اللاسلكية والتجهيزات المزودة بتقنية Bluetooth. تتمتع حزمة الترددات5GHZ بنسب تشويشٍ أقل إلا أنها تواجه مشاكل أخرى تتعلق بطبيعة هذه الحزمة. إن الأمواج الراديوية عالية التردد أكثر حساسيةً للامتصاص من الأمواج ذات الترددات المنخفضة. تعتبر الأمواج الراديوية ذات التردد 5GHZ فائقة الحساسية للماء والأبنية المجاورة أو العوائق الأخرى نتيجة نسبة الامتصاص العالية في هذه الحزمة. هذا يعني بأن الشبكات التي تعمل وفق معيار 802.11a أكثر محدوديةً فيما يتعلق بخط النظر مما قد يستدعي استخدام عدد أكبر من نقاط الولوج لتغطية نفس المنطقة التي يمكن تغطيتها بشبكةٍ لاسلكيةٍ تعمل وفق معيار 802.11b وذلك لأن الخلايا الناتجة عن استخدام نقاط ولوج تعمل وفق المعيار 802.11a– باعتبار نفس قدرة الخرج – ذات مساحةٍ أصغر.[2]

1 3 5 الطبقة الثانية 802.11 MAC

تتألف طبقة وصلة البيانات ضمن معايير 802.11 من جزأين:

التحكم بالوصول إلى الوسط Media Access Layer – MAC

التحكم المنطقي بالوصلة Logical Link Control – LLC

تتطابق الطبقة الفرعية 802.11 LLC مع مواصفات 802.2 لضمان التوافقية مع أية شبكةٍ أخرى تنطوي ضمن معايير 802 في حين تمت إعادة تعريف طبقة التحكم بالوصول إلى الناقل MAC في معايير (L2) 802.11.

تقوم طبقة MAC بتوصيف الوصول إلى الناقل بأسلوبٍ موحدٍ لجميع معايير 802.11، وهي تكافئ معيار (CSMA/CD – Ethernet) 802.3 في الشبكات السلكية مع الاختلاف في الوظائف

الخاصة بإرسال الإشارات اللاسلكية (نسبة الخطأ أعلى من تلك الموجودة في النواقل النحاسية) والتي يتم عادةً الوثوق بالبروتوكولات ذات المستويات الأعلى، كالتجزئة، التحكم بالأخطاء CRC، إعادة إرسال الإطارات وتأكيد وصول البيانات.[2]

1 3 5 1 آلية الوصول إلى الناقل:

يستخدم معيار 802.11b بروتوكولاً معدلاً عن CSMA/CD يدعى CSMA/CA (تجنّب التصادم عوضاً عن كشف التصادم). يتمكّن بروتوكول CSMA/CA من تجنّب التصادم عبر أسلوبٍ مبسطٍ للتصويت يدعى RTS/CTS يقوم فيه المرسل بإرسال طلبٍ للإرسال RTS في حين يقوم المستقبل بتأكيد وصول هذا الطلب عبر إرسال رسالة الجاهزية للإرسال CTS عندما تكون قناة الاتصال جاهزةً للاستخدام.

تقوم المحطة المستقبلة أثناء إرسال البيانات بين محطتين بتفحص قيمة التحقق الدوري من الأخطاء CRC لكل إطارٍ لترسل إلى المحطة المرسلة تأكيداً بوصول هذا الإطار ACK. إذا لم تستقبل محطة الإرسال هذا التأكيد في الوقت المحدد فإنها ستفترض حدوث تصادمٍ أدى إلى عدم توصيل الإطار بشكلٍ صحيح وتقوم بالتالي بإعادة إرسال هذا الإطار بعد استلامها لرسالة جاهزية إرسالٍ جديدة CTS.

يتم التحكم بالوصول إلى الناقل عبر استخدام نوعٍ مختلفٍ من المسافات بين الإطارات Interframe Spaces – IFS والتي ترتبط بالمدة الزمنية التي يجب أن تنتظرها المحطة قبل إرسال البيانات.

تنتظر البيانات ذات الأولوية العالية (مثل رسائل تأكيد الوصول أو حزم RTS/CTS) مدةً زمنيةً أقصر (SIFS) من تلك المكافئة للبيانات العادية.

مع أن بروتوكول CSMA/CA قادر على تجنب التصادم في قناةٍ راديويةٍ مشتركةٍ إلا أن الآليات من نمط RTS/CTS تزيد من الحمل الزائد (إطارات الإشارة الضرورية لعمل الشبكة لكنها لا تحتوي أية معلوماتٍ للمستخدم) وبالتالي ستمنع أداء الشبكات اللاسلكية العاملة وفق معيار 802.11b من تحقيق أداءٍ يوازي أداء تقنيات CSMA/CD (كشف التصادم) أو التقنيات المعتمدة على الولوج المتعدد عبر تقسيم الزمن TDMA (مثل شبكات الإيثرنت السلكية أو وصلات E1/T1 المتزامنة).[2]

1 3 6 تعديلات معايير IEEE 802.11:

تعتبر التعديلات a،b و g (والتي قد حققت انتشارا واسعاً في السوق بفضل منتجاتٍ متوافقةٍ ذات أسعارٍ معقولةٍ) أكثر التعديلات شيوعاً ضمن عائلة معايير 802.11. من التعديلات الأخرى ضمن نفس العائلة أيضاً [c–f]، [h–j] و n وهي عبارة عن تحسينات وتطويرات أو تصحيحات لمواصفاتٍ سابقةٍ ضمن هذه العائلة. وهذه التعديلات a, b, g, n.

1 3 6 1 المعيار IEEE 802.11b

يتضمن معيار IEEE 802.11b تحسيناتٍ عن المعيار الأصلي 802.11 لدعم نقل البيانات بسرعاتٍ أكبر (5.5Mbps و 11Mbps). يستخدم هذا المعيار نفس أسلوب الوصول إلى الناقل المحدد في المعيار الأصلي 802.11.

يستخدم معيار IEEE 802.11b تقنية الطيف المنتشر عبر التتابع المباشر DSSS والمحددة أيضاً في المعيار الأصلي.

يمكن لأي بطاقةٍ للشبكة اللاسلكية متوافقةٍ مع معيار 802.11b نظرياً، أن تنقل البيانات بسرعة 11Mbps، إلا أنها ستقوم بتخفيض هذه السرعة (وفق مقياس الاختيار المتكيّف لسرعة نقل البيانات) إلى 5.5 ثم 2 ومن ثم إلى 1Mbps في حال حدوث أي ضياعٍ في حزم البيانات. تعتبر السرعات الدنيا لنقل البيانات أقل حساسيةً للتشويش والتخامد لأنها تستخدم أسلوباً أكثر وثوقيةً لترميز البيانات (أي أن نسبة الإشارة إلى الضجيج تصبح أفضل في السرعات الدنيا).[2]

1 3 6 2 المعيار IEEE 802.11a:

يستخدم هذا المعيار (تماماً كما هي الحال في معيار IEEE 802.11b) نفس البروتوكول الأساسي المحدد في المعيار الأصلي. يعمل معيار IEEE 802.11a ضمن حزمة التردد 5 Ghz ويستخدم تقنية ترميز تقسيم التردد المتعامد OFDM مما يعطيه القدرة على بلوغ سرعةٍ قصوى لنقل البيانات تعادل 54Mbps. يمكن تخفيض هذه السرعة باستخدام الاختيار المتكيّف لسرعة نقل البيانات إلىMbps (48، 36، 24، 18، 12، 9 و 6)إذا ما اقتضت الحاجة.

لم يبلغ معيار IEEE 802.11a حتى يومنا هذا الانتشار الواسع الذي حققه نظيرهIEEE 802.11b.

من معوقات استخدام هذا المعيار: تواجد المعيار السابق IEEE 802.11b على نطاقٍ واسعٍ، ضعف المنتجات الأوليّة التي صممت وفقاً لهذا المعيار والقوانين الأكثر صرامةً في حزمة الترددات 5 GHZ. [2]

1 3 6 3 المعيار IEEE 802.11g :

لقد تم اعتماد التعديل الثالث لمعيار 802.11 في حزيران من عام 2003 وأعطي الاسم IEEE 802.11g. يعمل هذا المعيار (شأنه شأن نظيره IEEE 802.11b) ضمن حزمة الترددات 2.4 GHZ.

يستخدم معيار 802.11g نفس تقنية الترميز المعتمدة في معيار 802.11a (OFDM) مما يمكّنه من بلوغ سرعةٍ قصوى لنقل البيانات تصل حتى54 Mbps. لضمان التوافقية مع المنتجات العاملة وفق معيار 802.11b فإن هذا المعيار يعود إلى استخدام تقنيات الترميز OOK+DSSS (مثل تلك المستخدمة في 802.11b) عند سرعات نقل البيانات 11 Mbps و 5.5 Mbps في حين يستخدم ترميز DBPSK/DQPSK+DSSS عند سرعاتMbps (1 و 2) يعود الفضل إلى القبول الواسع الذي حظي به معيار IEEE 802.11g بالدرجة الأولى إلى توافقيته مع التجهيزات العاملة وفق معيار 802.11b. يعاني هذا المعيار من نفس مشكلة سابقه 802.11b فيما يتعلق بالتشويش (المواقع الحضرية المزدحمة) وذلك نتيجة استخدامه لنفس حزمة الترددات.[3-2]

1 3 6 4 المعيار IEEE 802.11n :

يهدف التعديل الأخير لمعيار 802.11 والمسمى IEEE 802.11n إلى الوصول إلى سرعةٍ نظريةٍ قصوى لنقل البيانات تعادل 540 Mbps مما يجعله أسرع 40 مرةً من معيار 802.11b و10 مراتٍ من معيار 802.11a. يعتمد المعيار الجديد على نفس التعديلات السابقة لمعيار 802.11 مع فارقٍ أساسيٍ يكمن في استخدام تقنية الدخل المتعدد – الخرج المتعدد (Multiple-Input Multiple-Output MIMO) والتي تتطلب استخدام عدّة مرسلاتٍ وعدّة مستقبلاتٍ لزيادة سرعة نقل البيانات ونطاق الإرسال.[3]

1 4 التنوع الفراغي Spatial Diversity :

تستثمر تقنية MIMO الانتشار متعدد المسارات لزيادة سرعة نقل البيانات (أو لتخفيض نسبة الخطأ) عوضاً عن محاولة التخلص من آثار ظاهرة تعدد المسارات التي لا يمكن تجنبها كما هي الحال في المعايير الأخرى. بعبارة أخرى فإن تقنية MIMO تستفيد مما تعتبره المعايير الأخرى عائقاً: تعدد المسارات.

تنتشر الإشارة الراديوية لدى إرسالها عبر الفضاء بشكل أشعة(تنتشر وفق مسارات متعددة) يستلم المستقبل أولاً الإشارة الرئيسية الواردة عبر خط النظر وبعد فترةٍ زمنيةٍ قصيرةٍ يبدأ باستلام أصداء هذه الإشارة والأجزاء المنعكسة منها على الأبنية أو العوائق الأخرى. تعتبر هذه الأصداء والأجزاء عادةً ضجيجاً بالنسبة إلى الإشارة الفعلية، إلا أن تقنية MIMO تملك القدرة على استخدام البيانات الموجودة ضمن هذه "الإشارات غير المباشرة" لتحسين الإشارة الرئيسية، مما ينتج إشارات أوضح (ذات ضجيج أقل) ونطاقات تغطية أكبر.

1 4 1 : ترميز التقسيم الفضائي Spatial Division Multiplexing – SDM:

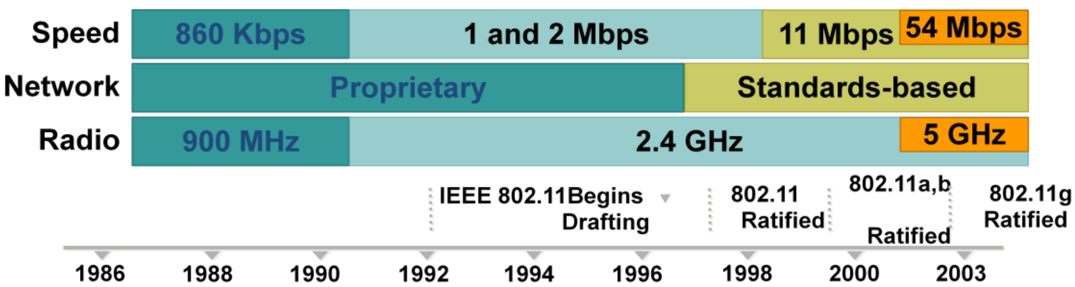
تتمتع تقنية MIMO بميزةٍ أخرى تكمن في قدرتها على استخدام عدة مرسلات لإرسال نفس سيل البيانات، تدعى هذه الميزة بترميز التقسيم الفضائي SDM. يقوم هذا الترميز بإرسال مجموعةٍ من سيول البيانات المستقلة ضمن قناةٍ واحدةٍ من عرض الحزمة مما يؤدي إلى زيادة قدرة نقل البيانات بازدياد عدد سيول البيانات المرسلة. بما أن الهوائيات العاملة وفق تقنية MIMO تتطلب تجهيزات معالجةٍ خاصةٍ لذا فإن كلفتها أكبر من كلف الهوائيات المتوافقة مع بقية معايير الشبكات اللاسلكية.

جدول يوضح تعديلات معيار 802.11:

المعيار	التردد	تقنية الترميز	السرعة القصوى لنقل البيانات	ملاحظات
802.11a	5GHZ	OFDM	54Mbps	8 قنوات غير متداخلة. لا يوجد جودة للخدمة.
802.11b	2.4GHZ	DSSS, CCK	11Mbps	14 قناة متداخلة.
802.11g	2.4GHZ	OFDM, CCK, DSSS	54Mbps	14 قناة متداخلة. متوافق مع معيار 802.11b.
802.11n	2.4GHZ	OFDM	360Mbps– 540Mbps	يعتمد على معايير 802.11 السابقة بإضافة تقنية MIMO التي تستخدم عدة هوائيات إرسال واستقبال لإتاحة قدرةٍ أعلى لنقل البيانات عبر استخدام الترميز الفضائي.

الجدول (1-0)تعديلات معيار802.11 [3]

والشكل (1-1) يبين تاريخ معايير الشبكات اللاسلكية



الشكل(1-1) تطور معايير الشبكات اللاسلكية [3]

1 5 نطاق التغطية:

لقد تم تصميم معيار الشبكات اللاسلكية IEEE 802.11 للعمل ضمن خلايا صغيرة (تصل حتى100m)، لذلك فإنه لم يعتبر خلال المراحل التصميمية كحلٍ لإرسال البيانات من نقطةٍ إلى عدة نقاط خارج الأبنية. يعاني بروتوكول التحكم بالوصول للناقل MAC في معيار IEEE 802.11 من مشكلة النقاط الخفية ويعرف عنه سوء الأداء في المسافات الطويلة التي تحتوي عدة محطات.
يعتبر أسلوب الوصول إلى الناقل في معيار IEEE 802.11 (CSMA/CA) أن جميع النقاط التي تتواصل مع نقطة الولوج قادرة على سماع بعضها البعض لتجنب التصادم. من الممكن تجنب التصادم في شبكات IEEE 802.11 إذا كانت جميع النقاط قادرةً على تحسس فيما إذا كانت قناة الإرسال مشغولةً أم لا، لا يمكن تحقيق هذا الشرط على الدوام عند تركيب الشبكات اللاسلكية المتوافقة مع معيار IEEE 802.11 خارج الأبنية. عندما يصل عدد النقاط المرتبطة بنقطة ولوج واحدة إلى العشرة (قد يزيد البعض هذا الرقم حتى العشرين) تزداد نسبة التصادمات مما يتطلب التراجع وإعادة الإرسال والتي تؤدي بدورها إلى هدرٍ كبيرٍ في موارد الشبكة.
لا يعمل معيار IEEE 802.11 بشكلٍ جيدٍ عند ارتباط عددٍ كبيرٍ من المستخدمين بنقطة ولوجٍ واحدةٍ في بيئةٍ خارجيةٍ. لقد تم ابتكار عدة حلولٍ لتجاوز بعض هذه المشاكل تعتمد على "التصويت بين المستخدمين" أو حجوزات عرض الحزمة ضمن طبقة بروتوكول الإنترنت IP. في حال استخدام التصويت ضمن شبكات IEEE 802.11 تقوم نقطة الولوج بتقرير اللحظة التي ستتمكن فيها محطة معينة من التخاطب مع نقطة الولوج. لم تكن مشكلة النقطة الخفية أمراً جديداً، وفي الوقت الذي أقر فيه معيار IEEE 802.11 كانت بعض التعديلات قد أدخلت على بروتوكول الوصول إلى الناقل MAC في هذا المعيار لتجاوز هذه المشكلة (مثل Karlnet TurboCell، WORP وغيرها). طورت بعض الشركات أيضاً حلولاً خاصةً بها إلا أن التوافقية بين منتجات الشركات المختلفة لم تعد مضمونةً. لقد تم تعديل بروتوكول الوصول إلى الناقل MAC في المعيار 802.11e ليتضمن "التصويت" وليؤمن التوافقية بين المنتجات المختلفة.[3−2]

1 6 المعيار WiMax (IEEE 802.16)

تم التعرف في عام 2000 على الوصول اللاسلكي عريض الحزمة BWA في المناطق الحضرية كواحدة من أهم التقنيات الواعدة التي سوف تنتشر بشكل واسع في العالم. وتم نشر معايير مختلفة من

أجل التقارب والالتقاء على مستوى عالمي. تم طرح عدد من الخيارات في المعيار IEEE 802.16 [4]

1 6 1 المعيار IEEE 802.16a :

يحدد هذا المعيار للتشغيل من 2 GHz وحتى 11 GHz لكلا الترددات المرخصة وغير مرخصة. [11]

بما أنه يمكن للإشارات عند التردد المنخفض أن تخترق الحواجز إذاً لا حاجة لتوفير خط نظر بين المرسل والمستقبل، لقد تركزت أكثر المصالح التجارية على مجالات التردد المنخفض بشكل رئيسي.

في إطار هذا المنطلق، إن المعيار IEEE 802.16a تم انجازه في كانون الثاني عام 2001 .

إن هذا المعيار IEEE 802.16a تمكن من تطبيق تقنية WiMax بمرونة أفضل مع المحافظة على معدل المعطيات ومجال النقل.

يدعم IEEE 802.16a النشر المتشابك الذي بإمكانه توسيع تغطية الشبكة وزيادة الإنتاجية بصورة شاملة. [4]

1 6 2 المعيار IEEE 802.16b :

هذا الامتداد يزيد الطيف إلى حزم ترددية 5 و6 GHz التي تؤمن ضمان جودة الخدمة لتأكيد الإرسال ذو الأولوية من أجل تطبيقات الزمن الحقيقي ولتمييز أصناف الخدمة لأنواع الحركة المختلفة.

1 6 3 المعيار IEEE 802.16c :

إن المعيار IEEE 802.16c يحدد التشكيل الجانبي للنظام منGHz 10 وحتى GHz 66 والذي يعطي تفاصيل أكثر للتقنية الجديدة.

حيث أن هذه المجالات عالية التردد تمتلك عرض حزمة أكبر، لكن لا تستطيع مثل هذه الإشارات الالتفاف عن العوائق وتتطلب وجود خط نظر من أجل نشرها.

1 6 4 المعيار IEEE 802.16d :

تم إثباتها في حزيران 2004، لقد حدّث المعيار IEEE 802.16d المعيار IEEE 802.16a .

يهدف هذا التوسع إلى تحسين أداء المعيار IEEE 802.16 خصوصا في حركة الوصلة الصاعدة.

1 6 5 المعيار IEEE 802.16e :

توحد هذه التقنية الربط الشبكي بين محطات القاعدة الثابتة BSs والمحطات المتحركة MSs، بدلاً من الربط بين محطات القاعدة BSs ومحطات المستقبلين الثابتينSSs .

يمكّن المعيار IEEE 802.16e الإشارة عالية السرعة من التبديل الضروري بين المحطات من أجل الاتصالات مع المستخدمين المتحركين في مركبات.

حيث أن هذا المعيار يبشر بدعم التنقل (التحرك) إلى سرعات من 70 وحتى 80 ميل بالساعة. يمكن لمحطات المستقبل أن تكون عبارة عن أجهزة اتصال شخصية مثل الهواتف النقالة والحواسب المحمولة.

سوف نركز فقط على بعض الصفات الأساسية لبروتوكولات الطبقة الفيزيائية PHY وطبقة التحكم بالنفاذ للوسط MAC للمعيار IEEE 802.16d الضرورية لتصميم خوارزمية الجدولة للوصلة الهابطة في بنية الشبكة الثابتة.

1 6 6 تقنية الطبقة الفيزيائية PHY في IEEE 802.16 :

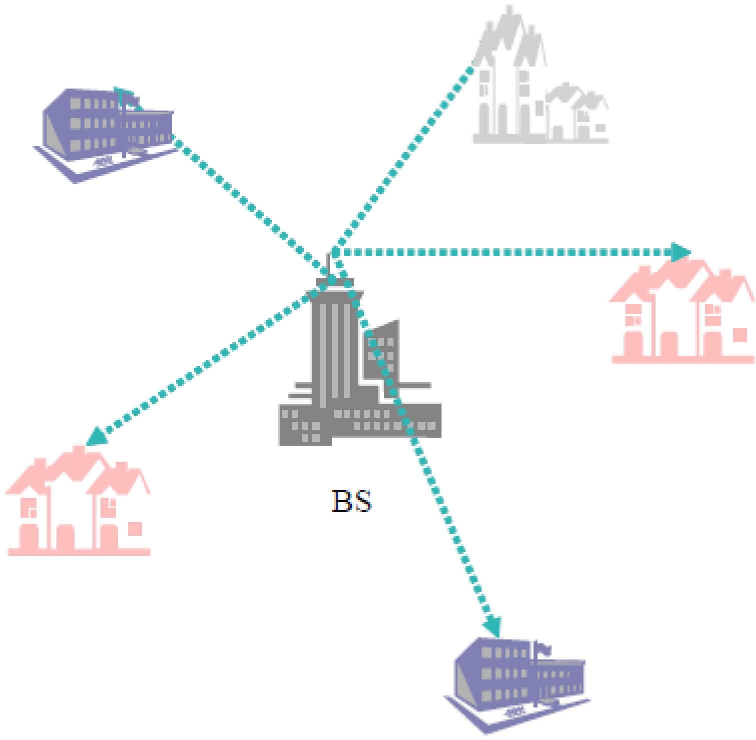
إن IEEE 802.16 معيار عالمي يتضمن نماذج متنوعة من بناء الشبكة. حيث يحدد المعيار IEEE 802.16 توضع شبكتين مختلفتين كل منهما مع بروتوكول MAC محدد:

نموذج النقطة لعدة نقاط (PMP (Point to Multi Point والنموذج التشعبي Mesh Mode .

حيث أن النموذج التشعبي اختياري في IEEE 802.16e حيث يمكن توجيه المعطيات بين محطتي مستخدم SSs. [5]

أما في نموذج PMP فتقوم محطة القاعدة BS المركزية بمعالجة عدة محطات مستخدم مستقلة SSs معا.

إن معظم أنظمة WiMax في هذه الأيام مجهزة بنموذج PMP حيث أن الحركة تحدث فقط بين محطة القاعدة BS ومحطات المستخدمينSSs المتصلة معها كما في الشكل(1-2).



الشكل(2-1) معمارية الشبكات نقطة إلى عدة نقاط الثابتة [1]

1 6 7 الوصول اللاسلكي عريض الحزمة:

تم تحديد العديد من حزم التردد من أجل منتجات المعيار IEEE 802.16 الأولية. في IEEE802.16a-2001،حيث تم ترخيص الترددات من 10 MHz وحتى 66 MHz الموجود في جميع أنحاء العالم. بسبب التردد الأعلى فإن النشر يحتاج إلى وجود خط نظر LOS(Line Of Sight) وهو أمر ضروري.

من أجل التطبيقات ضمن المناطق السكنية، ربما يتطلب أن تكون الأسطح منخفضة كثيراً من أجل خط نظر واضح إلى محطة القاعدة BS . كما انه يجب أن نأخذ بعين الاعتبار تأثير الانتشار متعدد المسارات. لذلك تم مؤخراً الاهتمام بشكل كبير بالمجال من 2GHz وحتى 11GHz.

إن تصميم الطبقة الفيزيائية للمجال من 2GHz وحتى 11GHz ليس بحاجة لوجود خط نظر بين المرسل والمستقبل NLOS(Non-Line Of Sight) وبهذا تم التغلب على مشكلة الأسطح المنخفضة .

يحدد المعيار الواجهات الهوائية الثلاث المختلفة والتي يمكن استخدامها لتزويد وصلة نهاية لنهاية موثوقة:

SCa (Single-Carrier modulated air interface) . الواجهة الهوائية المعدلة بحامل وحيد

OFDM: A 256-carrier Orthogonal-Frequency Division Multiplexing (OFDM).

التجميع بتقسم التردد التعامدي ذو 256 حامل

يعتمد الوصول المتعدد لمحطات مستخدم SSs مختلفة على النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن.

: OFDMA: A 2048-carrier OFDM scheme

هو مخطط OFDM ذو 2048 حامل ولكن يمكن تخصيص مجموعة جزئية من الحوامل لمستخدم بحد ذاته.يشار إليها بالنفاذ المتعدد OFDMA .

يبين الجدول(1-2) ملخص عددي لمواصفات الواجهات الهوائية المتنوعة:

Designation	Applicability	Duplexing Alternative
WierlessMAN-SC	10-66GHZ	TDD&FDD
WierlessMAN-SCa	Below 11GHz.licenserd band	TDD&FDD
WierlessMAN-OFDM	Below 11GHz.licenserd band	TDD&FDD
WierlessMAN-OFDMA	Below 11GHz.licenserd band	TDD&FDD

الجدول(1-2) ملخص للواجهات الهوائية [4]

من بين هذه الواجهات الهوائية الثلاث، النظامين المرتكزين على OFDM مناسبين أكثر من أجل NLOS بسبب بساطة عملية التسوية (الموازنة) من أجل إشارات متعددة الحوامل.

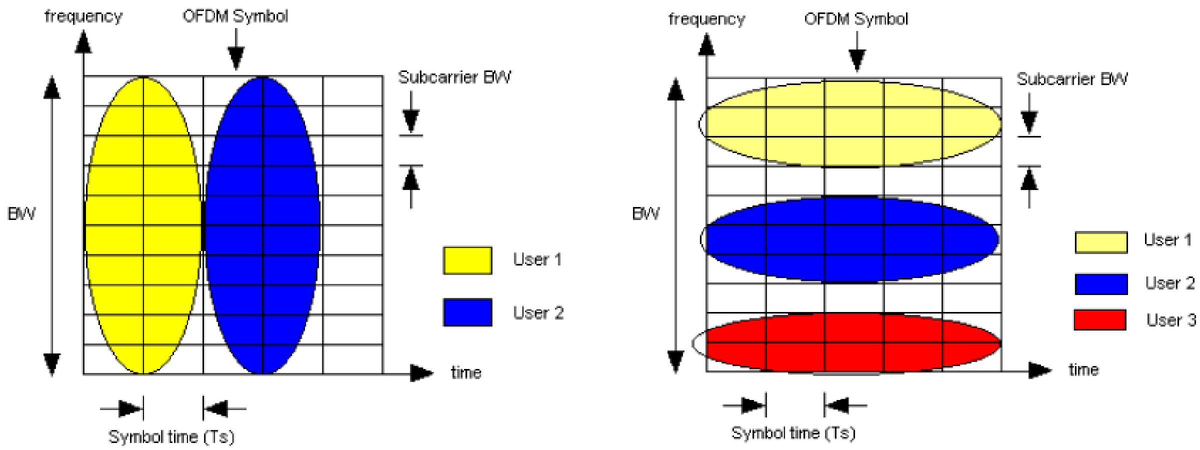
في نظام الاتصال متعدد الوصول، تكون مصادر الإرسال مشتركة بين العديد من المستخدمين عندها يكون مطلوب مخطط لإدارة المصادر.

النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن TDMA و النفاذ المتعدد بتقسيم التردد FDMA هما تقنيتان معروفتان من أجل إدارة المصدر المرتكز على مبدأ مشاركة الزمن ومشاركة التردد على التوالي. عند الاتحاد مع التجميع بتقسيم التردد التعامدي OFDM، ندعوهم OFDM-TDMA أو OFDMA على التوالي.

يبين الشكل(2-2) تخصيص الزمن والحامل الفرعي. كل التشكيلات الحالية المحدد بواسطة مؤتمر WiMax تحدد OFDM PHY ذات 256 حامل. لهذا السبب تركز الدارسة أولا على الواجهة الهوائية OFDM/TDMA ذات 256 حامل حيث تأخذ كل محطة مستخدم SS الرمز OFDM مع كل الحوامل الجزئية ضمن الفتحة الزمنية حصرياً.

يتم إدراك الوصول بواسطة مستخدمين متعددين وذلك ضمن المجال الزمني.

فائدة OFDM/TDMA هو إمكانية ضبط تعيين عدد فتحات الزمن الفيزيائية وعدد الشيفرات. هذا يقود إلى معدل معطيات مختلف مجهز بترميز وتعديل متكيف AMC(Adaptive Modulation and Coding) متوفرة في الطبقة الفيزيائية PHY كما في الشكل(3-1) :



الشكل(3-1) [3] OFDM/TDMA & OFDMA

1 6 8 التعديل والترميز المتكيف AMC (Adaptive Modulation and Coding):

إن الهدف الأساسي للتعديل والترميز المتكيف هو تعويض عدم استقرار القناة الراديوية. حيث يكمن للتعديل والترميز المتكيف تحسين أداء معدل الخطأ للبت BER(Bit Error Rate) بكفاءة على القنوات الراديوية التي تعاني من ظاهرة الظلال والخفوت. [5]

إن مخططات التعديل المحددة في المعيار IEEE802.16 في الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة هي إقفال بإزاحة الطور الثنائي BPSK، الإقفال بإزاحة الطور الرباعي QPSK ، التعديل المطالي الربعي السداسي عشر (16_QAM) والتعديل المطالي الربعي-64 (64-QAM) . يستطيع النظام أن يولد أفضل أداء إذا تم اختيار عتبات التبديل بعناية، إذا تم إعطاء معدل خطأ البت BER أقل من 10^{-6} فإن خوارزمية اختيار الإرسال الأمثل يكون تبعاً للجدول(3-1).

Modulation	Coding rate	w bits/symbol	Receiver SNR (dB)
BPSK	½	0.5	6.4
QPSK	½	1.0	9.4
	¾	1.5	11.2
16 QAM	½	2.0	16.4
	¾	3.0	18.2
64 QAM	2/3	4.0	22.7
	¾	4.5	24.4

الجدول(1 0-3) خواص نظم التعديل المختلفة [3]

من أجل WiMax يستفيد اختيار مخطط التعديل بشكل رئيسي من قياسات القناة الراديوية المستخرجة من قبل محطة المستخدم SS التي تختبر معلومات حالة القناة CSI(Channel State Information) وإجراء إعادة الإرسال. يتم انجاز قياس نسبة الإشارة للضجيج SNR على مقدمة كل إطار . بالاعتماد على القياس الكامل للقناة الذي يمكنه أن يطابق بارامترات المرسل مع حالات القناة المتغيرة زمنيا يمكن اختيار طريقة تعديل وترميز ملائمة من أجل الإرسال القادم لهذا يمكن أن يزداد معدل البت المستخدم للحد الأقصى. تم استخدام التعديل والترميز المتكيف AMC من أجل تزويد إرسال معطيات بسرعة عالية بواسطة شبكات لاسلكية متعددة المعايير مثل IEEE 802.11/16 و3GPP/3GPP2.

1 6 9 طبقة التحكم بالنفاذ للوسط MAC في شبكات WiMax:

تعمل طبقة MAC في المعيار IEEE802.16 على تخديم محطات موزعة بشكل خفيف و بمعدلات معطيات عالية، حيث أن محطة المستخدم SSs غير مطلوب منها الاستماع للمحطات الأخرى مثل MAC في IEEE 802.11 .

تجدول محطة القاعدة BS مسبقاً إرساليات محطة المستخدم SSs المتوافقة معها. تعتمد MAC في WiMax على الحجز وعدم المنافسة. حيث تحتاج SSs إلى التنافس فقط عند الوصول للقناة في المرة الأولى عند مرحلة التحكم باكتساب الوصلة. يسمح تخصيص المصدر المعتمد على الحجز لمحطة قاعدة WiMax BS أن تخدم عدد كبير من محطات المستخدم SSs بالإضافة إلى ضمان جودة الخدمة QoS في مستوى الوصلة من أجل حركة الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة.

بالمقارنة مع IEEE802.16،تكون شبكات المنطقة المحلية اللاسلكية WLAN المعتمدة على طرفيات IEEE 802.11 لها عادة حركة متقطعة التي تنافس في كل وقت قبل الإرسال، حيث أن الكفاءة تكون ضعيفة بشكل جدي عند دخول محطات عديدة إلى الشبكة. [12]

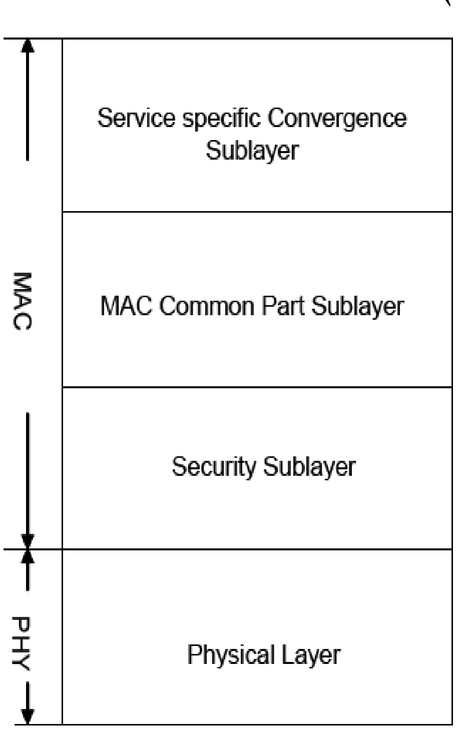
ففي مثل مخطط الحجز هذا المعتمد على التنافس على المصدر يمكن بصعوبة اعتبار جودة الخدمة QoS في المعيار الأول IEEE 802.11 حتى ظهور IEEE 802.11e.

على أية حال فإن معظم شبكات WLAN المنتشرة هذه الأيام لا توظف أي آلية لجودة الخدمةQoS.

إن الهدف الأساسي لبروتوكول MAC هو مشاركة مصادر القناة الراديوية بين وصولات متعددة لمستخدمين مختلفين. في IEEE802.16، تقسم الطبقة MAC إلى ثلاث طبقات فرعية:

- طبقة التقارب المحدد للخدمة.
- طبقة الجزء العمومي للتحكم بالدخول للوسط.
- الطبقة الفرعية السرية

كما هو واضح في الشكل(1–4) .



الشكل(1-4) أقسام طبقةMAC في IEEE802.16 [12]

المهمة الرئيسية للطبقة الفرعية ذات التقارب المحدد للخدمة هي تصنيف وحدات معطيات الخدمة الخارجية (SDU(Service Data Units وربط كل واحدة منها مع معرف تدفق خدمة ومعرف وصلة

مناسبين في MAC. بروتوكول الطبقة MAC مرن وفعال على أنواع حركة مختلفة. طبقة الجزء العمومي للتحكم بالدخول للوسط هي استقلالية آلية النقل، التي هي الحامل الجوهري لكل مواصفات MAC. فهي مسئولة عن:

- تجزئة وتقسيم كل MAC SDU إلى وحدات بيانات بروتوكول MAC .Data Units) (PDUs: Protocol
- النفاذ إلى النظام.
- توضع عرض الحزمة.
- صيانة الوصلة.
- التحكم بجودة الخدمة.
- جدولة الإرسال....الخ

تحتوي MAC أيضاً على طبقة فرعية سرية منفصلة لمعالجة التوثيق، وتبادل مفتاح السرية، والتشفير السري.

1 6 10 طبقة التحكم بالنفاذ MAC الداعمة للطبقة الفيزيائيةPHY :

التمييز الأساسي لبروتوكول MAC هو التقنيات الازدواجية للوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة. إن اختيار تقنيات الازدواجية يؤثر على بارامترات PHY بالإضافة إلى تأثير المزايا التي يمكن دعمها. يوجد طريقتين لتطبيقها:

1 6 10 1 الازدواج بتقسيم الترددFDD

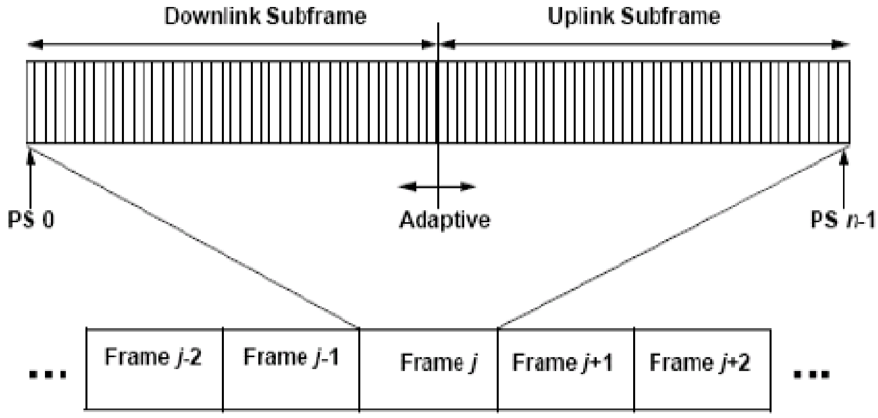
في نظام FDD، تستخدم قنوات الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة حوامل فرعية بترددات مختلفة مستقلة، تسمح للطرفيات بالإرسال والاستقبال معا.

اتخاذ الإطارات ذات المدة الزمنية الثابتة في كلا الوصلتين الهابطة والصاعدة يسهل تصميم خوارزميات توضع عرض الحزمة.

1 6 10 2 الازدواج بتقسيم الزمنTDD

تتشارك ارسالات الوصلة الهابطة والصاعدة نفس التردد عند توضعها في كل إطار TDD تبعا لعتبة التكيف. يحتوي إطار TDD واحد كما هو مبين في الشكل(1−5) على إطار فرعي لوصلة صاعدة

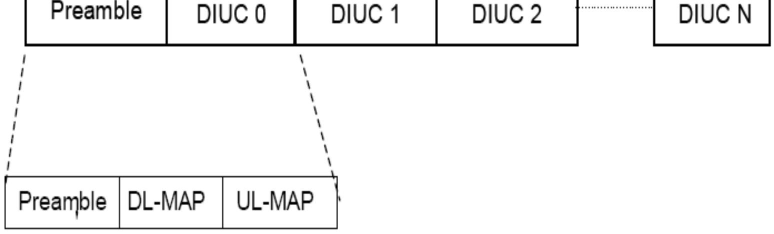
واحدة ووصلة هابطة واحدة في الإطار TDD مفصولة بواسطة العتبة، التي تقسم إلى عدد صحيح من الفتحات الفيزيائية PSs. يأتي الإطار الفرعي للوصلة الهابطة أولاً لأنه يحتوي متطلبات عرض الحزمة ومعلومات الإرسال المرسلة مباشرة من محطات المستخدم SSs إلى محطة القاعدة BS، التي تشكل تخطيطاً من أجل جدولة مصادر الوصلة الصاعدة بين جميع محطات المستخدمSSs.



الشكل(1-5) الازدواج TDD [5]

بنية الإطار الفرعي في الوصلة الهابطة المستخدمة لنموذج TDD مبين في الشكل(1-6) يبدأ الإطار الفرعي للوصلة الهابطة عند مقدمة بداية الإطار المستخدم من قبل الطبقة PHY وذلك من أجل التزامن والتسوية. تلحق المقدمة بقسم التحكم بالإطار الذي يحتوي DL-MAP و UP-MAP المقررة لتوضع المصدر للوصلة الهابطة والصاعدة. يُحدَّدDL-MAP عندما يحدث عبور الطبقة الفيزيائية PHY ضمن الإطار الفرعي للوصلة الهابطة .الجزء التالي يحمل المعطيات ،التي تُرسَل إلى كل محطة مستخدم SS باستخدام تركيبة رشقة التفاوض .

بسبب ديناميكية عرض الحزمة المطلوب من أجل تنوع الخدمات ، تتغير تركيبة الرشقة بشكل ديناميكي من إطار إلى إطار. وهكذا يستطيع النظام دعم مستويات مختلفة من إرسال المعطيات .في حالة TDD تفصل فجوة زمنية الإطار الفرعي للوصلة الهابطة و الإطار الفرعي للوصلة الصاعدة .



الشكل(1-6) بنية الإطار TDD [5]

1 6 11 الفرق الأساسي بين WiMax (IEEE 802.16) وWi-Fi (IEEE 802.11):

لقد صمم معيار IEEE 802.16 خصيصاً للعمل ضمن بيئات الإرسال من نقطةٍ إلى عدة نقاط خارج المباني باستخدام بروتوكول MAC واحدٍ قادرٍ على التعاطي مع طبقاتٍ فيزيائيةٍ مختلفةٍ (PHY) ضمن نطاق الترددات (11GHZ – 66GHZ) في كانون الأول من العام 2001 وافق الإتحاد الدولي لمهندسي الكهرباء والإلكترون IEEE على المعيار المبدئي IEEE 802.16 لشبكات المناطق الحضرية MAN ضمن نطاق الترددات (11GHZ – 66GHZ). ومن ثمّ تمت الموافقة على الملحق 802.16a للترددات دون 11GHZ في كانون الثاني من العام 2003. أقر معيار (802.16 IEEE)في حزيران عام 2004.

إنه وعلى الرغم من تغير تقنية الترميز المستخدمة تبعاً للتردد المعتمد فإن بنية الحزمة وتقنيات مشاركة الحامل أو التحكم بالأخطاء ستبقى مستقلةً عن التردد المستخدم. لا تعتمد المكونات الإلكترونية المستخدمة في طبقة MAC (المكافئة لطبقة وصل البيانات – الطبقة الثانية – في نموذج OSI المعياري) بالتردد المعتمد.

لا يهدف معيار IEEE 802.16 إلى تلبية متطلبات مزودي خدمة الإنترنت اللاسلكية WISPs والمتطلبات الصناعية في جميع البيئات المحتملة وحسب، بل يطمح أيضاً لأن يصبح المعيار الأساسي للشبكات اللاسلكية السريعة خارج الأبنية. هذا لا يعني بأي حالٍ من الأحوال أنه يجب تلقائياً هجر جميع التقنيات الأخرى. ففي العديد من الحالات يتمحور النقاش حول الاستخدام الأمثل لطيف الترددات، القوانين والتشريعات، إمكانية الوصول إلى التقنية وتكاليف الاستثمار.

فقد طور معيار IEEE 802.16 في الأساس ليكون حلاً للشبكات اللاسلكية للمناطق الحضرية وليستخدم خارج الأبنية. لقد صمم معيار IEEE 802.16 للعمل ضمن حجمٍ مثاليٍ للخلية يتراوح بين (7 Km–10 Km) ويملك القدرة على الوصول إلى مسافات تصل حتى 50 Km. أما مشكلة النقط الخفية فقد حلّت خلال مراحل التصميم المبكّرة بتضمين آلية DAMA–TDMA للوصلة الصاعدة حيث تقوم المحطة الرئيسية بتخصيص فتحاتٍ محددةٍ لكل محطة. تستخدم آلية DAMA–TDMA نفس المبدأ المتبع في شبكات الأقمار الصناعية حيث يتعذر على المحطات (الزبائن) سماع بعضها البعض.

تضمن معيار IEEE 802.16 ليكون قادراً على العمل ضمن بيئاتٍ لا يتوفر فيها خط للنظر NLOS تقنية ترميزٍ معقدةٍ تعتمد على 256 نقطةً من تحويل فورييه السريع (– Fast Fourier Transform FFT) لترميز تقسيم التردد المتعامد OFDM عوضاً عن النقاط الـ 64 المستخدمة في معايير IEEE

802.11a/g. نتيجة تضمنه لـ 256 نقطةً عوضاً عن 64 أصبح معيار IEEE 802.16 أكثر قدرةً على التعامل مع البيئات التي لا يتوفر فيها خط للنظر. يمكن للمعيار IEEE 802.16 أن يتحمل التأخير الناتج عن تعدد المسارات 10 مرات أفضل من نظيره IEEE 802.11. بإمكان المعيار IEEE 802.16 أن يستثمر موارد القناة المتوفرة بشكلٍ أفضل في البيئات الخارجية نتيجة قيام المحطة الرئيسية بجدولة المشتركين تبعاً لخوارزميات جدولةٍ ديناميكية، وبالتالي لن يؤثر عدد المشتركين على عدد التصادمات وإعادة إرسال الحزم.

كما ذكرنا سابقاً يملك معيار IEEE 802.11 تغطيةً محدودةً بسبب مشكلة النقط الخفية، لذلك فإن هذا المعيار يعمل بشكلٍ جيدٍ ضمن المباني أو في الحالات التي تتطلب إرسال البيانات لاسلكياً من نقطةٍ إلى نقطة، لكنه لا يشكّل الأمثل لحلول إرسال البيانات من نقطةٍ إلى عدة نقاطٍ خارج المباني.

تتيح إمكانية تخصيص عرض حزمةٍ معين لمشتركٍ محددٍ في معيار IEEE 802.16 عبر استخدام تقنية TDMA (دون الخشية من تأثير النقاط الخفية) استخدام الهوائيات الذكية. يدمج الهوائي الذكي عدة مكوناتٍ للهوائي مع إمكانية معالجة الإشارة مما يمكنّه من تحسين نمط الحزمة الخاص به تلقائياً.

سيتيح معيار IEEE 802.16 استخدام تقنياتٍ متطورةٍ للهوائيات مما يعني إمكانية التخطيط لخلايا الشبكات اللاسلكية بشكلٍ أفضل.

يتضمن معيار IEEE 802.16 أيضاً دعماً للشبكات الخاصة AD HOC NETWORK. تشكّل كل نقطة ولوجٍ ضمن الشبكة الخاصة جزءاً من بنية التوجيه التحتية. يستخدم معيار IEEE 802.16 ترميزاً "متكيفاً" أذكى من ذاك المستخدم في معيار IEEE 802.11 يتيح تحسين سرعة نقل البيانات عبر السماح للمحطة الرئيسية بتحديد أنماط الترميز تبعاً لكل وصلةٍ على حدة. تتمكن محطة المشتركين القريبة من المحطة الرئيسية من استخدام ترميزٍ ذي سرعاتٍ عاليةٍ مثل 64QAM، أما الإشارة الأضعف الآتية من محطاتٍ أبعد فقد تتيح فقط استخدام الترميز 16QAM أو QPSK. يتيح الترميز المتكيف المتضمن في بروتوكول الوصول إلى الناقل MAC لمعيار IEEE 802.16 إمكانية استخدام أساليب ترميزٍ مختلفةً لكل من إتجاهي الإرسال والاستقبال في الوصلة. [12]

1 7 إمكانية التوسيع وقدرة الإرسال :

في حين يملك معيار 802.11 عرضاً ثابتاً للحزمة يعادل 20 MHz فإن معيار IEEE 802.16 يتمتع بمرونة تخصيص عرض حزمةٍ معين لكل قناةٍ راديوية، بدءاً من القنوات الضيقة جداً (1.5MHz) وحتى الحد الأقصى (20 MHz). تتيح إمكانية تخصيص قيم مختلفة لعرض الحزمة

إعادة استخدام الترددات وتصميم خلايا الشبكات اللاسلكية بشكلٍ أفضل. يتراوح عدد القنوات غير المتداخلة بين 3 لمعيار IEEE 802.11b و 5 لمعيار IEEE 802.11a، أما في المعيار IEEE 802.16 فإن عدد القنوات غير المتداخلة محدود فقط بالطيف الكلي المتاح للاستخدام.

فيما يتعلق بسرعة نقل البيانات فإن معيار IEEE 802.11 قادر على توفير سرعةٍ قصوى لنقل البيانات هذا يعني أن السرعة القصوى لقناةٍ ذات ترددٍ يعادل 20MHz تصل حتى54Mbps. يتيح معيار IEEE 802.16 سرعةً نظريةً قصوى لنقل البيانات تعادل 70Mbps في الثانية لقناةٍ ذات تردد 30 MHz. تعتمد سرعة نقل البيانات الفعلية على شروط توفر خط النظر، المسافة، جودة الهواء، التشويش بالإضافة إلى عوامل أخرى (يتوقع أن تصل القيم الحقيقية إلى 50Mbps)

1 8 جودة الخدمة QoS:

يحتوي التعديل الأخير لمعيار IEEE 802.11 المسمى IEEE 802.11e على ميزات جودة الخدمة (تتوفر حالياً في الأسواق بعض المنتجات التي تعتمد على أحد مواصفات المعيار 802.11e والتي تدعى الوسائط المتعددة اللاسلكية Wireless Multimedia – WMM). إلا أن المعيار IEEE 802.11e سيدعم فقط مجموعةً محددةً من الأولويات ضمن وصلةٍ واحدةٍ بين نقطة الولوج ومحطة المستخدم. يتم تحقيق جودة الخدمة في مواصفات الوسائط المتعددة اللاسلكية عبر تصغير المسافة بين الإطارات Interframe Space (IFS) عند إرسال بيانات الوسائط المتعددة.

لقد تمت إضافة جودة الخدمة إلى معيار IEEE 802.16 لكل سيل من البيانات على حدة، مما يمكننا من منح خصائص مختلفة لجودة الخدمة لعدة وصلاتٍ بين محطة المشترك والمحطة الرئيسية كل على حدة. يتم الحصول على جودة الخدمة ضمن معيار IEEE 802.16 باستخدام آلية "التصويت"، حيث تقوم المحطة الرئيسية بإجراء تصويتٍ على طلبات عرض الحزمة بين محطات المشتركين ومن ثم جدولة نقل البيانات تبعاً لردود هذه المحطات.

يدعم معيار IEEE 802.16 أربعة خدمات للجدولة تبعاً لنوع البيانات المنقولة:

- خدمة المنح غير المخصص Unsolicited Grant Service (UGS): والمصممة لدعم التطبيقات التي تتطلب سرعةً ثابتةً لنقل البيانات، كتطبيقات مواءمة وصلات E1 أو T1 وتطبيقات نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت VoIP دون إلغاء اللحظات الصامتة.

- خدمة التصويت في الزمن الحقيقي Real–Time Polling Service (rtPS): وتستخدم للتطبيقات التي تولّد أحياناً حزماً مختلفة الأحجام، مثل تطبيقات الفيديو MPEG وتطبيقات نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت VoIP مع إلغاء اللحظات الصامتة.
- خدمة التصويت في الزمن غير الحقيقي Non–Real–Time Polling Service (nrtPS): والتي تدعم تطبيقاتٍ مثل بروتوكول نقل الملفات FTP والذي يولّد على الدوام حزماً مختلفة الأحجام.
- خدمة الجهد الأقصى Best Effort Service (BE): وتستخدم في التطبيقات ذات الأولوية المنخفضة مثل تصفح الإنترنت أو تطبيقات البريد الإلكتروني.

1 9 طبقات الشبكات اللاسلكية 802.11 و 802.16:

تشبه بنية طبقات الشبكات اللاسلكية طبقات الشبكات السلكية في النموذجين نموذج OSI (Open Systems Interconnection) المعياري (والذي أعدّته منظمة المعايير الدولية International Standards Organization) هو توصيفٌ نظريٌّ لتصميم بروتوكولات شبكات الحواسب (والاتصالات). يفصل هذا النموذج وظائف الاتصال إلى سبع طبقاتٍ مختلفةٍ يمكنها العمل بشكلٍ مستقلٍّ عن بعضها البعض والنموذج الثاني هو نموذج (TCP/IP) ويقسم الطبقات إلى أربع طبقات مختلفة والشكل التالي يبين الفرق بين طبقات النموذجين TCP/IP & OSI :

الطبقة	OSI	TCP/IP
7	Application التطبيقات	Application التطبيقات
6	Presentation التقديم	
5	Session الجلسة	Transport (TCP) النقل
4	Transport النقل	
3	Network الشبكة	Network (IP) الشبكة
2	Data Link وصلة البيانات	التحكّم بالوصول إلى الناقل Media Access Control
1	Physical الفيزيائيّة	

الجدول(1-4) نموذج OSI المعياري مقابل مجموعة بروتوكولات TCP/IP

تتعامل معايير الشبكات اللاسلكية (IEEE 802.11, IEEE 802.16, Bluetooth, IrDA وغيرها) مع الطبقة الفيزيائيّة وطبقة الوصلة فقط، وقد صمما أساساً لنقل أيّ نوعٍ من البيانات .

1 10 التحكّم بالوصول إلى الناقل Media Access Control:

تتضمّن طبقة التحكّم بالوصول إلى الناقل Media Access Control (MAC) في نموذج TCP/IP الطبقة الفيزيائيّة من نموذج OSI والتي تتعلّق بغالبيّة الجوانب الفيزيائيّة للاتصال (تقنيات الترميز، ترميز البتّات، الوصول الفيزيائي إلى الناقل إلخ) وطبقة الوصلة المسؤولة عن العنونة وتوصيل الحزم من حاسبٍ (مضيفٍ) إلى آخر عبر قناة نقلٍ مشتركة.

يمكننا القول بأنّ الطبقة الفيزيائيّة مسؤولةٌ عن تحويل الإشارات الكهرطيسيّة الفيزيائيّة إلى بتّات Bits في حين تعتبر طبقة الوصلة مسؤولةً عن تجميع هذه البتّات على شكل حزم بيانات Data Packets.

من البروتوكولات الشائعة للطبقة الفيزيائيّة RS-232, V. 35, 10BaseT, ISDN إلخ.

من البروتوكولات الشائعة لطبقة الوصلة بروتوكول الإيثرنت IEEE 802.3، PPP، ATM.

1 10 1 بروتوكولات التحكّم بالوصول إلى الناقل Access Control Protocols في الشبكات السلكيةETHERNET 802.3:

1 10 1 1 الوصول المتعدد عبر تحسّس الحامل Carrier Sense Multiple Access (CSMA) وكشف التصادم Collision Detection (CD):

من أكثر آليّات التحكّم بالوصول الفيزيائي إلى الحامل شهرةً حيث تقوم مجموعةٌ من المحطات بالوصول إلى ناقلٍ مشتركٍ الإيثرنت Ethernet. يستخدم بروتوكول الإيثرنت أو IEEE 802.3 بروتوكولاً للتحكم بالوصول يعرف باسم الوصول المتعدد عبر تحسّس الناقل Carrier Sense Multiple Access (CSMA) وهو نسخةٌ مطورةٌ من تقنية معالجة التعارض تدعى ALOHA.

عندما تملك نقطةٌ ما بياناتٍ تريد إرسالها ستقوم بدايةً بالاستماع إلى الناقل لمعرفة ما إذا كانت أيّة نقطةٍ أخرى تقوم بالإرسال في تلك اللحظة (عبر الاستماع إلى القناة المشتركة). إذا لم تكتشف النقطة وجود أي إرسالٍ ضمن الناقل ستبدأ عندها بإرسال البيانات. من الممكن جدّاً أن يبدأ إرسال البيانات من نقطتين مختلفتين في آنٍ واحدٍ حيث يمكن لكليهما اكتشاف عدم وجود أيّ إرسالٍ على الناقل. عند قيام عدّة نقاط بإرسال البيانات في آنٍ واحدٍ سينتج عن ذلك تصادمٌ يؤدّي إلى إتلاف البيانات. سيتم كشف

هذا التصادم من قبل المستقبل نتيجة عدم تطابق بيانات التحقق من سلامة البيانات CRC مع البيانات المستقبلة. سيقوم المستقبل عندها بإهمال البيانات التالفة.

يستخدم المرسل عنصراً آخر من بروتوكول الإيثرنت تدعى كشف التصادم Collision Detection CD لكشف تصادم حزم البيانات. تقوم النقاط المرسلة للبيانات بمراقبة الناقل المشترك باستمرار (يمكنها الاستماع إلى البيانات الموجودة ضمن الناقل أثناء الإرسال). إذا تم الكشف عن تصادمٍ ما (عند سماع المرسل لبياناتٍ تختلف عن تلك التي قام بإرسالها) ستتوقّف النقطة عن الإرسال وسترسل رقماً لتعريف الازدحام Jam Sequence لإعلام النقاط المستقبلة بحدوث التصادم وبضرورة إهمال الحزم المستقبلة.

ستقوم جميع النقاط بعد كشف التصادم بإعادة إرسال البيانات مجدداً. لتجنّب التصادم مجدداً عند إعادة الإرسال يستخدم بروتوكول الإيثرنت فترة تراجعٍ عشوائيّةً (تعتمد على معاملٍ عشوائيٍّ وعلى عدد محاولات إعادة الإرسال السابقة) لحساب فترة الإنتظار قبل معاودة الإرسال. يحاول بروتوكول الإنترنت تقليص إحتمالات "إعادة التصادم" بعد كشف تصادمٍ ما.

1 10 1 2 بروتوكولات التحكّم بالوصول إلى الناقل Access Control Protocols في الشبكات اللاسلكية 802.11 &802.16 :

تدعى برتوكول التحكّم بالوصول إلى الناقل في معيار (WLAN) IEEE 802.11 بـ CSMA/CA وهي تشبه إلى حدً كبيرٍ بروتوكول الإيثرنت كونها تستخدم آليّة CSMA لمشاركة الناقل مع النقاط اللاسلكية الأخرى إلا أنّها تفتقد آليّة كشف التصادم (CD) Collision Detection. لا يمكن للمرسل كشف التصادم نظراً لتعذّر الاستماع إلى البيانات أثناء الإرسال. يعمل معيار IEEE 802.11 عبر الإرسال / الاستقبال الأحادي Half Duplex باستخدام تقنيّة TDD. لذلك لا يمكن استخدام آليّة كشف التصادم بنفس أسلوب بروتوكول الإيثرنت في الإرسال اللاسلكي لمعايير IEEE 802.11.

بما أنّ باستطاعة النقاط في الشبكة اللاسلكية كشف عدم وجود إشارةٍ على الناقل لكنّها عاجزةٌ عن كشف التصادمات على هذا الناقل لذلك ينبغي أن تقوم نقاط الولوج بإرسال إشعارٍ لتأكيد نجاح الإرسال. تزيد هذه الآليّة من الحمل الزائد على الشبكة وتقلل من سعة نقل البيانات الفعليّة.

تحدث نتيجة هذه المحدوديّة في شبكات IEEE 802.11 الواصلة من نقطةٍ إلى عدّة نقاطٍ مشكلةٌ معروفةٌ تدعى مشكلة "النقطة الخفيّة Hidden Node". في إعدادات الشبكات الواصلة من نقطةٍ إلى

عدّة نقاط تتخاطب مجموعةٌ من النقاط مع نقطةٍ مشتركةٍ تدعى "نقطة الولوج Access Point". تنتج "النقطة الخفيّة Hidden Node" بسبب عدم تمكّن جميع النقاط من الاستماع لبعضها البعض ضمن الشبكة اللاسلكية مما يؤدّي إلى عدم إمكانيّة تجنّب التصادمات باستخدام آليّة CSMA فقط. لحل (أو لتخفيف) هذه المشكلة تحتوي طبقة الوصول إلى الناقل MAC من معيار IEEE 802.11 آليّةً تدعى تجنّب التصادم Collision Avoidance (CA). يجب أن تقوم نقطة الإرسال عند استخدام تجنّب التصادم CA بإرسال حزمة جاهزيّة الإرسال Ready to Send (RTS) إلى نقطة الولوج وانتظار حزمة جاهزيّة الاستقبال Clear to Send (CTS) قبل بدء الإرسال.

على الرغم من تعذّر سماع حزمة RTS من قبل جميع نقاط الشبكة الأخرى إلا أنّها قادرةٌ على سماع الرد CTS المرسل من قبل نقطة الولوج إلى نقطةٍ معيّنةٍ. هكذا تستطيع نقاط الشبكة تجنّب إرسال البيانات خلال الفترة الزمنيّة المخصصة من قبل نقطة الولوج لنقطةٍ معيّنةٍ ضمن الشبكة.

لا تعمل آليّة RTS/CTS بشكلٍ فعّالٍ عندما تزداد المسافة بين نقاط الشبكة أو بين نقاط الشبكة ونقطة الوصول.

1 11 العنونة الفيزيائيّة MAC Addressing:

يستخدم العنوان الفيزيائي MAC ضمن طبقة الوصلة كآليّةٍ لتحديد وعنونة البيانات المرسلة إلى مضيفٍ معيّنٍ ضمن ناقلٍ مشترك. يتألّف هذا العنوان من تسلسلٍ فريدٍ يحتوي على 48 بتّاً (12 رقماً ست عشريّاً) مرتبط ببطاقةٍ شبكةٍ لاسلكيةٍ محددةٍ (أو جهاز).

تحتوي ترويسة حزم البيانات المرسلة عبر ناقلٍ مشتركٍ عناوين حواسب المصدر والوجهة لهذه البيانات. يتم استخدام عنوانٍ خاصٍّ عند إرسال الحزم إلى جميع الحواسب (بث Broadcast) يدعى عنوان البث وهو يعادل في شبكات الإيثرنت العنوان ff:ff:ff:ff:ff:ff (جميع البتّات الـ 48 تساوي 1).

تقوم بطاقة الشبكة عادةً بتمرير حزم البيانات التي توافق العنوان الفيزيائي MAC للحاسب فقط إلى نظام التشغيل يكون العنوان الفيزيائي عادةً مثبّتاً ضمن التجهيزات عندما يقوم المنتج بشحنها حيث تستخدم العناوين الفيزيائيّة للتحقق من الهويّة.

1 12 خلاصة الفصل الأول :

تم التعرف في هذا الفصل على المعايير 802.3، 802.11، 802.16 إضافة إلى دراسة الفرق بين المعيارين 802.11 و 802.16 ثم تم التعرف على الإصدارات المختلفة للمعيار 802.11 وإجراء مقارنة بينها.

ثم تم استعراض الطبقتين الأولى والثانية في المعيار 802.11 و 802.16 وكذلك تم تسليط الضوء على تقنيات الترميز والترددات في الطبقة الأولى .

بعدها تم استعراض أساليب الوصول للناقل في المعايير 802.11 و802.3 و 802.16 والفرق بينهما في ذلك حيث إن 802.3 يستخدم أسلوب كشف التصادم CSMA/CD في حين المعيار 802.11 يستخدم فقط عملية تجنب التصادم CSMA/CA وهذه أدت إلى مشكلة العقد الخفية Hidden nodes، في حين أن 802.16 تحتوي على جودة الخدمة والتخصيص حسب الحاجة لجودة الخدمة وهذا هو سبب تفوق تقنية WiMax على باقي التقنيات وجعلها البديل عن شبكات السلكية واللاسلكية الحالية.

تهتم الرسالة بتمييز الخدمات والمنح حسب الحاجة والأهمية مع تحسين الإنتاجية وأداء التأخير. من خلال تصميم خوارزمية جديدة تمتلك المميزات المذكورة أعلاه

الفصل الثاني

خوارزميات الجدولة

Scheduling Algorithms

2 1 التحديات :Challenges

تواجه خوارزميات الجدولة التي تعتبر عنصر هام في شبكات الاتصال التي تدعم متطلبات QoS جملة من تحديات كالسعة المحدودة وأوضاع القناة الديناميكية الكامنة في أنظمة الاتصال اللاسلكية.

ويعتبر التصميم المناسب لبروتوكول طبقة التحكم بالنفاذ للوسط MAC أساساً لتحسن أداء النظام وبحيث يتم الاهتمام بالمعايير التالية:

- استغلال عرض الحزمة:

الاستغلال الفعال لعرض الحزمة هو الأمر الأكثر أهمية في تصميم الخوارزمية، والتي يفترض أن تتمكن من الانتفاع الفعال من عرض الحزمة.

ولذلك فعلى المجدول أن لا يخصص فتحة الإرسال للاتصال مع وصلة سيئة حالية مثلاً.

- متطلبات جودة الخدمة QoS :

على الخوارزمية المقترحة دعم تطبيقات مختلفة لاستثمار أفضل لجودة الخدمة QoS .

فمن أجل التطبيقات الحساسة للتأخير مثلاً فإن الخوارزمية تقدم حداً أدنى من التأخير.

ولضمان الإنتاجية طويلة الأمد Long–Term Throughput جميع الوصلات يجب أن تزود بعرض حزمة كافي.

- الإنصاف (العدالة):Fairness

يجب على الخوارزمية أن توزع المصادر المتاحة بشكل عادل عبر الوصلات.

كما يجب تزويد الإنصاف على الأمد الطويل والأمد القصير.

- التعقيد: complexity

يجب أن يكتمل الجدول الزمني المقرر بسرعة في الشبكات عالية السرعة وعملية إعادة الضبط بالاستجابة لأي تغير في حالة الشبكة. أي أن الزمن المتاح للمجدول محدود. وبالتالي من الضروري أن تكون الخوارزمية قليلة التعقيد.

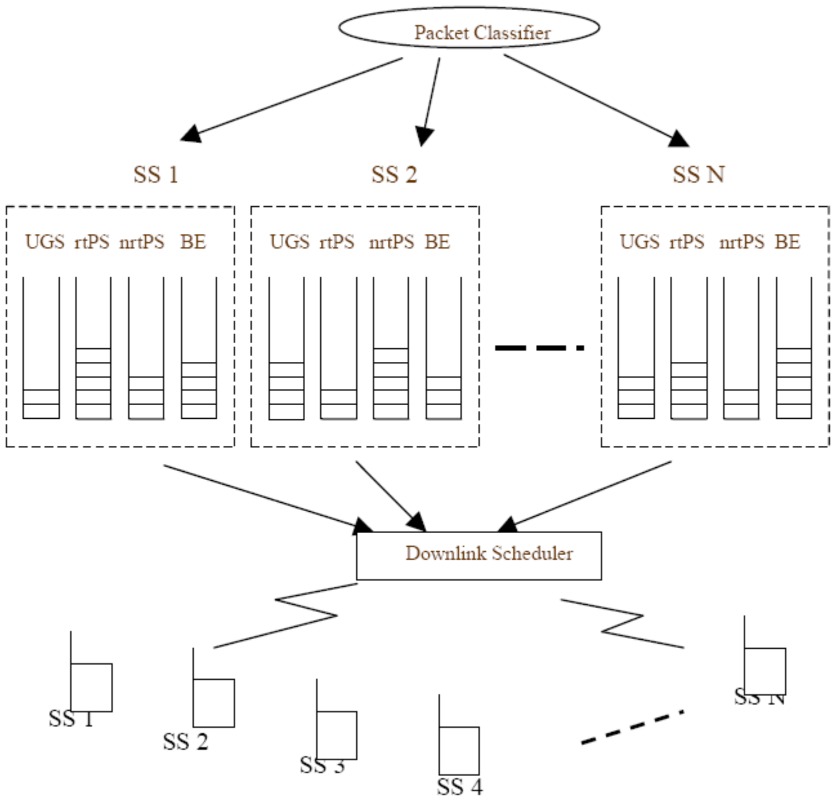
- التوسع:Scalability

إمكانية العمل بكفاءة بازدياد عدد الوصلات أو المستخدمين المتشاركين على القناة.

إن تصميم البروتوكول الجديد هو من الأهمية بمكان من أجل إنجاز كل المزايا المذكورة سابقا.

2 2 تنوع تعدد المستخدمين:

تم طرح تنوع تعدد المستخدمين للتعامل مع القنوات ذات الخفوت المتغير زمنياً في أنظمة تعدد المستخدمين. في WiMax، بسبب تعدد المستخدمين مع ظروف قنوات مختلفة و متغيرة الزمن، فإنه يوجد احتمال عالي أن يمتلك مستخدم أو عدة مستخدمين وصلات جيدة جداً مع محطة القاعدة BS بينما يمتلك المستخدمون الآخرون وصلات سيئة. بالتكيف مع ظروف القناة، يمكن أن تزداد إنتاجية النظام خلال الجدولة المواتية. يشار إلى هذا أيضاً بالترميز والتعديل المتكيف AMC الذي يمكنه خدمة عدد كبير من المستخدمين الموزعين عشوائياً مع خفوت القناة بشكل مستقل. في هذه الحالة يمكن أن تتزايد إنتاجية النظام طويلة الأمد long term system throughput من خلال خدمة المستخدمين مع القناة الأفضل عند الإرسال يبين الشكل(2−1) تركيب وعمل المجدول.



الشكل(2-1) آلية وبنية عمل المجدول [6]

2 3 خوارزميات الجدولة الزمنية

بالرغم من وجود عدد من خوارزميات جدولة الرزم التي تم اقتراحها من أجل شبكة WIMAX، فإنها تعاني من عيوب وليست أمثلية في أدائها.

تم في هذا البحث تصميم خوارزميات جديدة بأداء أفضل عن طريق دعم مستويات مختلفة من الخدمات، الإنصاف، تعقيد التطبيق وغيرها.

سنبحث في ثلاث تقنيات جدولة معتمدة بشكل واسع، الالتفاف الحلقي RR، الإنصاف التناسبي PF، جدولة الطبقة المتصالبة المتكاملة ICL في الشبكات اللاسلكية.[6]

2 3 1 الالتفاف الحلقي RR: Round Robin

تعتبر خوارزمية RR واحدة من أبسط خوارزميات الجدولة المصممة خصوصاً من أجل نظام المشاركة الزمني، حيث يخصص المجدول فتحات زمنية لكل صف في أقسام متساوية بدون أولوية.

حالما يتم خدمة الصف، لا تتم زيارته ثانية حتى تتم خدمة جميع محطات المستخدم SSs الأخرى في النظام. يمكن ل RR تزويد مصدر منصف لكل محطة مستخدم SS، وكل صف يتوضع في نفس قسم مصادر النظام بغض النظر عن حالة القناة.

على أية حال، يمتلك مجدوِل RR نفس فعالية عرض الحزمة كالمجدول العشوائي. بالإضافة إلى أنه لا يستطيع ضمان متطلبات جودة الخدمة QoS المختلفة لكل صف.

2 3 2 الإنصاف التناسبي PF: Proportional Fairness

تم اقتراح PF من قبل شركة Qualcomm ، الذي تم تحقيقه في المعيار IS−856 من أجل جدولة حركة الوصلة الهابطة(المعروفة أيضاً بمعدل معطيات عالي HDR). [7]

الأهداف الأساسية لمخطط جدولة الرزمة هذا هو تحسين إنتاجية النظام بالإضافة إلى أنها تزيد الإنصاف خلال الصفوف قيد العمل. تعتمد جدولة الإنصاف النسبي على وظيفة أولوية واحدة :

$$\mu_i(t) = \frac{r_i(t)}{R_i(t)} \qquad (2-1)$$

حيث $r_i(t)$ هو معدل المعطيات الحالي، $R_i(t)$ هو متوسط الإنتاج الوسطي لمعدل الخدمة المستلم من قبل محطة المستقبل SSi حتى الفتحة t.إذاً يخدم الصف ذو القيمة $\mu_i(t)$ الأعلى عند الفتحة الزمنية t، حيث تم تحديث الإنتاج الوسطي للصف بالعلاقة:

$$R_i(t+1) = (1-\frac{1}{T_c})R_i(t) + (\frac{1}{T_c})r_i(t) \qquad (2-2)$$

حيث Tc الثابت الزمني لمتوسط التنقل، لقد تم تحديث الإنتاجية الوسطية للصفوف التي لم تخدم عند فتحة زمنية t وذلك بالعلاقة :

$$R_i(t+1) = (1-\frac{1}{T_c})R_i(t) \qquad (2-3)$$

عموماً، تم افتراض Tc لتكون 1000 فتحة (1.66 ثانية) في نظام CDMA–HDR . [7]
أخذ قيم أكبر لـ Tc يجعل الإنتاج الملموس أقل حساسية للحاجة قصيرة الأمد للتواجد على الصف،حيث أنه ربما ينتظر المُجدول لفترة زمنية أطول من أجل أن يعود المستخدم من حالة قناة سيئة إلى قناة جيدة. عندما يتواجد عدد ضخم من المستخدمين في النظام، نستطيع الحصول على ربح إنتاج إضافي بجدولتهم للانتفاع من خواص الأقنية سريعة الخفوت ، التي تدعى ربح متنوع بتعدد المستخدمين. يحسن هذا التصميم البسيط للمجدول الإنتاج الكلي.
بهذه الطريقة، يمكن تطبيق قياس الأفضلية لإنجاز PF خلال SSs. بالرغم من بساطة وفعالية PF فإنه لا يستطيع ضمان أي متطلب لـ QoS مثل التأخير والتغيرات قصيرة الأمد تبعاً لتصميمها المبتكر من أجل الصفوف المشبعة مع خدمة معطيات بزمن غير حقيقي. [8–9]

2 3 3 جدولة الطبقة المتصالبة المتكاملة (ICL(Integrated cross layer:

لا يمكن لكل من RR و PF إدارة توضع المصدر و منح QoS مناسبة لكل وصلة. لحل هذه المشكلة تم اقتراح بنية التحكم بجودة الخدمة QoS المتكاملة من أجل الأنظمة اللاسلكية IEEE802.16. تعتمد مخططات الجدولة هذه على خوارزميات مختلفة لمعالجة الأصناف المتنوعة من الخدمات لتطابق متطلبات جودة خدمتها. [10]
يمكن تلخيص خوارزمية جدولة الطبقة المتصالبة مع QoS بمايلي:
يعتمد المجدول على وظيفة الأولوية لكل رتل، حيث تحدث قيمة الأولوية لكل رتل تبعاً لحالة الخدمة وظروف القناة في الطبقة الفيزيائية PHY. وهكذا، يستطيع المجدول تزويد ضمانات جودة خدمة متنوعة محددة (حسب الخدمة المطلوبة). أولاً وقبل كل شيء تخصص الخوارزمية عدد ثابت من الفتحات الزمنية لأرتال UGS ذات الأولوية الأعلى، التي هي المطلب المحدد في المعيار. تُدار أرتال خدمة انتخاب الزمن الحقيقي rtPS بواسطة خوارزمية الأقدم في انتهاء الصلاحية Earliest Deadline First EDF: ، الحساسة لكمون التأخير والموثوقة من أجل خدمات الزمن الحقيقي. ينشر المخطط المواتي

الذي يشبه خوارزمية PF من أجل الأرتال الداعمة لخدمة انتخاب الزمن غير الحقيقي nrtPS ، بينما تدار الأرتال من أجل حركة الجهد الأفضل BE بالاعتماد على أفضل معدل نقل بيانات . من أجل تمييز الأولوية بين أنواع الخدمة الأربعة مثل rtPS>nrtPS>BE ،فإنه يتم تخصيص معاملات الصنف للأرتال لكل نوع خدمة. تنجز الخوارزمية حسب السيناريو التالي:

تُحدَّد الفتحات الزمنية الإجمالية لتدفق بيانات الخدمة الممنوحة بلا طلب مثل N_{ugs} في الإطار . بينما تحدد الفتحات الزمنية المتبقية لأصناف QoS الباقية

$$N_r = N_d - N_{ugs} \qquad (2-4)$$

حيث N_d الفتحات الزمنية الإجمالية في إطار واحد.

تُحدَّد وظيفة الأولوية للوصلة *i* عند فتحة زمنية t بالعلاقة التالية:

$$\phi_i(t) = \begin{cases} \beta_{class} \dfrac{R_i(t)}{R_N} \dfrac{1}{F_i(t)} & if \quad F_i(t) \geq 1 \\ \beta_{class} & if \quad F_i(t) < 1 \end{cases} \qquad (2-5)$$

حيث $\beta_{class} \in [0,1]$ هو المعامل تبعا لصنف الخدمة، على التوالي. بالاعتماد على الأولوية من أجل أصناف مختلفة لـ QoS، rtPS>nrtPS>BE ،يمكن أن يُضبط المعامل تحت القيد $\beta_{rt} > \beta_{nrt} > \beta_{BE}$. $R_i(t)$ هو عدد البتات التي يمكن حملها بواسطة رمز واحد عند الإطار t من قبل AMC المحدد بواسطة حالة القناة R_N يدل على العدد الأعظمي للبتات في رمز واحد الذي يمكن الوصول إليه. من أجل كل وصلة لـ rtPS ، $F_i(t)$ هو مؤشر إشباع التأخير. $F_i(t) = T_b - W_i(t)$ ، مع R_N الدالة على حد التأخير و $W_i(t)$ تنتمي الى $[0, T_i]$ الدالة على زمن انتظار الرزمة الأطول. من أجل تبسيط الصيغة، لا نأخذ بالاعتبار زمن الأمان. تتمذج وظيفة الأولوية $Ø_i(t)$ تنتمي الى $[0, \beta_{rt}]$. عندما $1 >$ $F_i(t)$ والذي يعني أن الرزم في الرتل *i* يجب أن ترسل مباشرة. لتجنب سقوط الرزمة ، فإنه يجب ضبط القيم العليا لـ β_{rt} .

من اجل كل وصلة زمن غير حقيقي ، $F_i(t)$ هي نسبة معدل النقل الوسطي إلى المعدل المحجوز الأصغري

$$F_i(t) = \frac{\hat{\eta}_i(t)}{\eta_i} \qquad (2-6)$$

حيث $\hat{\eta}_i(t)$ تقدر بـ

$$\hat{\eta}_i(t+1) = (1 - \frac{1}{T_c})\hat{\eta}_i(t) + (\frac{1}{T_c})r_i(t) \qquad (2-7)$$

حيث $r_i(t)$ هو معدل الن قل عند الزمن t . في هذا الوقت، $F_i(t)$ هو مؤشر إشباع(الرضى عن) معدل المعطيات لهذا إذا كانت $F_i(t) < 1$ فإنه سوف يتم إرسال الرزم للتدفق i_{th} لتطابق متطلبات المعدل. الحد الأعلى لقيمة الأفضلية من أجل *nrtPS* هي β_{nrtps} . بسبب عدم وجود متطلبات جودة خدمة لوصلات *BE* فإن وظيفة الأولية لوصلة *BE* هي

$$\phi_i(t) = \beta_{BE}(\frac{R_i(t)}{R_n}) \qquad (2-8)$$

$\emptyset_i(t)$ تعتمد فقط على جودة القناة بغض النظر عن التأخير أو أداء المعدل. يقدم هذا المخطط دعم متطلبات جودة خدمة QoS المتنوعة من أجل وصلات متعددة.

من الصعب جداً نشر هذا المجدول عملياً بسبب تعقيد البناء

الفصل الثالث

تصميم المجدول

Scheduler Design

3 1 تابع الأولوية:

تعتبر PF نظام جيد ، من أجل حركة الجهد الأفضل. في هذه الفقرة تم طرح خوارزمية الجدولة المقترحة التي تدعى جدولة الإنصاف النسبي المتكيفAPF، التي تهدف إلى توسيع جدولة PF إلى خدمة الزمن الحقيقي وتقديم متطلبات جودة خدمة QoS متنوعة.

يعتمد مخطط الجدولة على مبدأ المنح لكل نوع خدمة GPTS، الذي بدوره يهدف إلى تفريق أداء التأخير لكل رتل. تم تصميم تابع الأولوية الجديد لضمان جودة الخدمة لكل الأرتال متضمنةً UGS, rtPS , nrtPS ، من أجل توضع الفتحات الزمنية على الأرتال ذات قيمة الأولوية الأعلى. يحدد تابع الأفضلية للرتل i عند الفترة الزمنية t بما يلي:

$$c_i(t) = \frac{W_i(t)}{R_i(t)/(K_i(t)M_i)} \qquad (3-1)$$

حيث M_i معدل نقل البيانات الأدنى المطلوب bps

$K_i(t)$ عدد الوصلات للرتل i_{th}

$W_i(t)$ *سعة* الإرسال عند الزمن t الذي يُحدد بجودة القناة bit/ sample.

كما في الجدول(3−1) ، يُبسِّط $W_i(t)$ عدد البتات الذي يمكن حمله بواسطة رمز واحد عن طريق AMC. يتطابق كل رتل مع صنف متطلبات جودة خدمة QoS واحدة على التوالي. تم تحديث الإنتاجية الوسطية المقدرة للرتل i (المشار إليها ب $R_i(t)$) بواسطة نموذج التسوية الأسي البسيط كما يلي:

$$R_i(t) = (1-\frac{1}{T_i})R_i(t-1) + (\frac{1}{T_i})r_i(t-1) \qquad (3-2)$$

حيث $r_i\ (t\text{-}1)$ يشير إلى الإنتاجية الحالية.

T_i بارامتر النظام المعرف مسبقاً المترافق مع كل صنف. بدلاً من جعل T_i ثابت في مخطط PF، نخصص قيم مختلفة ل T_i لكل نوع لإنجاز تطبيقات مختلفة. نفترض أن اختلاف حالات القناة يسمح لنا باختيار نفس T_i لكل نوع خدمة. إن محطات المستخدم SSs القريبة من محطة القاعدة BS لن تُفقد إرسال المحطات الأخرى.

البارامتر ذو الأثر الأكبر في هذه الخوارزمية هو T_i في المعادلة (3.2). الدور الذي يلعبه T_i هو تمييز الأفضلية لأنواع مختلفة من الخدمات. [13]

مع قيم T_i صغيرة، يتأرجح قياس الأفضلية للرتل i بشكل بسيط مما يجعله يُنفَّذ بشكل دوري.تُعتبرهذه الخاصية حرجة بالنسبة لشكل الرتل مع قيد التأخير. مثلاً في الحالة T_i =2 حسب المعادلة(3.2)، إذا لم يتم خدمة الرتل من قبل المجدول عند الأطر الزمنية n السابقة، فإن:

$$R_i(t) = (\frac{1}{2^n})R_i(t-1) \qquad (3-3)$$

تنقص $R_i(t)$ بشكل كبير، حيث تقود الرتل i ليكسب فرصة الإرسال عند الإطار الزمني الحالي على الأرجح. وبالعكس مع قيم كبيرة ل Ti (مثلاً 100) فإن $R_i(t)$ تنقص بشكل قليل بالرغم أن الرتل لم يتم زيارته من أجل إطارات زمنية قليلة. لهذا تُعتبر جودة القناة Wi(t) العامل الأساسي المحدد للأفضلية لكل رتل. في هذه الحالة، يتم ضمان إنتاجية النظام والاستفادة الفعالة من عرض الحزمة. على أية حال، المخطط ليس حساس لتأخير الوصلات. مع هكذا تصميم، المهمة هي إيجاد T_i ملائم لإنجاز التوازن من أجل التأخير الزمني و الإنتاجية لكل صنف حسب متطلبات جودة خدمته QoS.الكمية $R_i(t)/K_i(t)$ المحددة في المعادلة (3-1) تمثل الإنتاجية لكل وصلة في الرتل i^{th}. بينما $R_i(t)/K_i(t)M_i$ هي مؤشر على إشباع معدل المعطيات، الذي يعكس أيضاً إشباع التأخير لوصلات الزمن الحقيقي. من أجل خدمة الزمن الحقيقي، فإن $R_i(t)$ المقدرة مع قيم T_i صغيرة تكون حساسة لزمن الانتظار للمعطيات في الرتل i. تدل القيمة العالية ل $R_i(t)$على درجة عالية من إشباع التأخير، التي تقود إلى أولوية منخفضة. بناءً على ذلك، تنوع مطالب جودة الخدمة QoS من أجل تطبيقات الزمن الحقيقي و الزمن غير الحقيقي موحدة في $R_i(t)/K_i(t)M_i$ ، التي تلعب الدور الأساسي في عكس متطلبات عرض الحزمة الفورية للرتل i. بالأخذ بعين الاعتبار مشاركة حالات القناة الحالية مع إشباع الإرسال للأطر الزمنية السابقة، فإن قياس الأفضلية المقترح لا يحتفظ بالفوائد الجيدة لمخطط PF فقط، لكنه أيضاً يميز الخدمات لمتطلبات جودة خدمة متنوعة باختيار مجموعة مناسبة من T_i .

3 2 توضع الفتحة الزمنية:

يعمل مجدول MAC الدوري على قاعدة إطار واحد. يوجد n فتحة زمنية (nPS_s) في الإطار المعطى، حيث تُحدَّد n بواسطة ضبط بارامتر النظام. يتم تتبع الإنتاجية الوسطية لكل رتل بمعدل حركته الأسي . تحسب محطة القاعدة BS في بداية كل إطار زمني قياس التفضيل المحدد في المعادلة(1−3). سوف يتم اختيار الرتل ذو قياس الأفضلية الأكبر للإرسال عندPS القادمة.

في كل زيارة يتم تخصيص كل حوامل المعطيات الجزئية للرتل الموافق ويتم إرسال كل المعطيات الموجودة في الرتل المخدوم إلا إذا كان الإطار الزمني لا يتسع لكل المعطيات الموجودة في الرتل . في هذه الحالة تكون إنتاجية كل الوصلات مضمونة (مشبعة).

إذا كانت سعة الفتحة الحالية اكبر من المعطيات الموجودة في الرتل المخدوم عندها يتم إرسال الرتل BE التابع لنفس محطة المستخدم SS مستخدماً السعة المتبقية.

إذا تم استنفاذ كل الفتحات الفيزيائية PSs الموجودة في الإطار الحالي عندها تخدم الأرتال التي لم يتم معالجتها لاحقاً. عندها سيتم إعادة عملية الجدولة للإطار التالي.

الفصل الرابع

برمجة الجدولة الزمنية

Time Scheduling Programming

- الفصل الرابع برمجة الجدولة الزمنية

4 1 تعريف ببرنامج الماتلاب

برنامج الماتلاب هو برنامج هندسي (وله مجالات أخرى) يقوم بعمليات تحليل وتمثيل البيانات من خلال معالجة تلك البيانات تبعاً لقاعدة البيانات الخاصة به ، فمثلاً يستطيع البرنامج عمل التفاضل differentiation والتكامل Integration و كذلك يقوم بحل المعادلات الجبرية Algebraic Equations وكذلك المعادلات التفاضلية Differential Equations ذات الرتب العليا يصعب جداً حلها بالطرق التقليدية، كذلك يستطيع البرنامج عمل التفاضل الجزئي، ويقوم بعمل عمليات الكسر الجزئي Partial fraction بسهولة ويسر والتي تستلزم وقتاً كبيراً لعملها بالطرق التقليدية، هذا من الناحية الأكاديمية، أما من الناحية التطبيقية فيستطيع البرنامج العمل في جميع المجالات الهندسية مثل أنظمة التحكم Control System, وفي مجال الميكانيكا Mechanical Field, وكذلك محاكاة الإلكترونيات Electronics وصناعة السيارات Automotive Industry, وكذلك مجال الطيران والدفاع الجوي Aerospace and Defense, والكثير من التطبيقات الهندسية الأخرى .

من أجل ذلك تم اعتماد برنامج الماتلاب ليكون المحاكي الرئيسي للمجدول الجديد وتنفيذ كل العمليات الحسابية باستخدامه.

4 2 المحاكاة

تم فرض مخطط الجدولة الجديد، وسيتم هنا تدقيق أداء هذا المخطط بشكل تحليلي باستخدام برنامج MATLAP. تم تطوير نموذج الشبكة WiMax مع محطة قاعدة BS وحيدة كنموذج للنظام من أجل التحليل والمحاكاة.

أولاً: سوف نختبر مقدرة المخطط الجديد لتمييز جودة الخدمة لأنواع خدمة مختلفة مثل التأخير الوسطي.

ثانياً: تقييم إنتاجية النظام القابل للإنجاز للمخطط الجديد. بعد ذلك نأخذ بالاعتبار أداء النظام بوجود تغير حمل الحركة. أيضاً نختبر إمكانية توسيع المخطط الجديد لحجم النظام من حيث عدد SSs الملائمة. أخيراً، يتم مقارنة أداء المخطط الجديد مع المخططات الثلاثة الأخرى مذكورة سابقاً.

4 3 تحليل الأداء:

لن يتم الأخذ بعين الاعتبار ظروف القناة لتبسيط تحليل تأثير Ti. يعد هذا الافتراض مقبول من أجل قيم Ti صغيرة نسبياً. لهذا يمكن إعادة كتابة قياس الأفضلية $C_i(t)$ كما في المعادلة (4.1)

$$c_i(t) = \frac{K_i M_i}{R_i(t)} \qquad (4-1)$$

حيث $R_i(t)$ تمثل الإنتاجية الوسطية عند إطار زمني t. في حال لم يتم خدمة الرتل i في الأطر الزمنية Ni المتواصلة فإنه يتم تحديث$R_i(t)$ بالمعادلة (4.2).

$$R_i(t) = (1 - \frac{1}{T_i})^{N_i} R_i(t - N_i) \qquad (4-2)$$

إذاً

$$c_i(t) = \frac{K_i M_i}{R_i(t)} = \frac{K_i M_i}{(1 - \frac{1}{T_i})^{N_i} R_i(t - N_i)} = \frac{c_i(t - N_i)}{(1 - \frac{1}{T_i})^{N_i}}$$

نفترض أن قيم قياس الأفضلية للرتل الرابح تقترب لتكون ثابتة عندما يكون النظام مستقر. [14]

تم استخراج العلاقة التقريبية بين زمن دخول الخدمة (المدلول إليها بـ Ni) وTi كما يلي:

$$\frac{c_1(t - N_1)}{(1 - \frac{1}{T_1})^{N_1}} \approx \frac{c_i(t - N_i)}{(1 - \frac{1}{T_i})^{N_i}} \quad , \quad i \neq 1$$

العلاقة التقريبية N_i و N_1 أو D_i و D_1 (D_i التأخير الوسطي للرتل i) تُعطى بالعلاقة (4-3):

$$\frac{N_1}{N_i} = \frac{D_1}{D_i} = \frac{\log(1 - \frac{1}{T_i}) + \hat{\delta}_{1,i}(t)}{\log(1 - \frac{1}{T_1})}, \qquad i \neq 1 \qquad (4-3)$$

حيث :

$$\hat{\delta}_{1,i}(t) = \frac{\log c_1(t - N_1) - \log c_i(t - N_i)}{N_i}$$

الحساب الدقيق لـ $C_i(t)$ معقد بسبب تأثير عوامل متعددة مثل حمل الحركة ومعدل الوصول للوصلات. يجب ملاحظة أن القيمة ($1-[1/\ T_i]$) صغيرة لدرجة أن المقدار $\hat{\delta}_{1,i}(t)$ في المعادلة(4-3) لا يمكن إهماله. لهذا من الصعب تماماً تأسيس خارطة بين Ti و Di . هنا إعادة صياغة معادلة مبسطة مثل (4-3) تعطي علاقة تخطيط تقريبية.

$$\frac{N_1}{N_i}=\frac{D_1}{D_i}=\frac{\log(1-\frac{1}{T_i})}{\log(1-\frac{1}{T_1})}, \qquad i\neq 1 \qquad (4-4)$$

4 4 برامج الماتلاب:

4 4 1 برنامج المقارنة

يقوم هذا البرنامج بفحص المصفوفة x وإعادة ترتيب أكبر عنصر فيها كخرج لهذا التابع بحيث تكون مصفوفة الدخل هي عبارة عن صف يحتوي ثلاث أنواع خدمة وتابع الأولوية لكل واحدة على التوالي ugs ,rtPS ,nrtPS

```
function comp=comper(x)
max = x(1)
comp = 1
for i=2:3
   if x(i)> max
       comp = i
       max = x(i)
       end
   end
end
```

4 4 2 برنامج تابع الأفضلية من أجل قيم T_i التالية (2, 4, 8)

يقوم هذا البرنامج بحساب الأفضلية لكل رتل ورسم توابع الأفضلية للأرتال الثلاث بالنسبة للإطارات الزمنية ليبين كيفية تمييز الخوارزمية الجديدة لأنواع الخدمة المختلفة.

```
تحديد ثوابت البرنامج حيث تعبر M عن عدد الوصلات الأصغري وتعبر Kعن عدد الوصلات الحالي وهي توابع تتبع لحالة القناة
M=[4 4 4]
K=[1 1 1]
% Tهي عبارة عن مصفوفة تعبر عن قيم الثوابت الزمنية للأرتال ugs,rtPS, nrtPS على التوالي
T=[2  4  8]
% N هي عبارة عن مصفوفة تعبر عن تأخير كل رتل من الأرتال في عند الإطار الزمني المحدد
```

```
N=[1 1 1]
%تعبر المصفوفة R عن الإنتاجية الوسطية لكل رتل حيث المصفوفة R ثنائية الأبعاد أحد أبعادها يعبر
عن الرتل والبعد الثاني يعبر عن قيمة الإنتاجية الوسطية لهذا الرتل

R(1,1) = 20
R(2,1) = 20
R(3,1) = 20
% تعبر المصفوفة  C عن قيم الأفضلية وهي أيضا ثنائية الأبعاد يعبر أحد أبعادها عن الرتل  ,ugs ,rtPS
nrtPS والبعد الآخر عن قيمة هذا الرتل.
والحلقة تقوم بتهيئة هذه المصفوفة من القيم البدائية

for j=1:11
    for i=1:3
        c(I,j)=0
    end
end
%تقوم الحلقة التالية بتهيئة القيم البدائية لكل رتل من الأرتال ugs,rtPS,58rtPS

    for i=1:3

       c(I,1)=5
    end

    % عملية مقارنة قيم الأفضلية لكل رتل وتخديم الرتل الأكبر أفضلية وتحديث قيم الأفضلية لكل
الارتال.
For j=2:10
    x=c(:,j-1)
 l=comper(x)
        for i=1:3
            if (i~=l)
                c(I,j)=c(I,j-1)/((1-1/T(i)))
                N(i) = N(i)+1
            else
                c(I,j)=c(I,1)
```

```
                N(i)= 0
            end
        end

end
```
% عملية اقتباس حالة كل من ugs,rtPS,nrtPS عند كل اطار زمني ووضعها في مصفوفة خاصة بكل رتل على حدة.

```
           ugs=c(1,:)
           rtps=c(2,:)
           nrtps=c(3,:)
```
% القيام بتحديد أسماء المحاور

```
        xlabel('Frame')
        hold on
        ylabel('Priority value')
        hold on
```
% رسم التوابع

```
        plot(ugs,'-g')
        hold on
        plot(rtps,'-r')
        hold on
        plot(nrtps,'-b')
    hold on

   h = legend('ugs','rtps','nrtps',3);
set(h,'Interpreter','none')
```
%الخرج موضح في الصفحة 72 الشكل(5−1)(a) تابع الأفضلية من أجل قيم *Ti* التالية (2, 4, 8)

4 4 3 برنامج تابع الأفضلية من أجل قيم T_i التالية (200, 400,800)

```
M=[4 4 4]
K=[1 1 1]
T=[200 400 800]
N=[1 1 1]
```

```
R(1,1) = 20
R(2,1) = 20
R(3,1) = 20
for j=1:11
    for i=1:3
        c(i,j)=0
    end
end

    for i=1:3

       c(i,1)=5
    end


for j=2:10

    x=c(:,j-1)
 l=comper(x)
        for i=1:3
            if (i~=l)
                c(i,j)=c(i,j-1)/((1-1/T(i)))
                N(i) = N(i)+1

            else
                c(i,j)=c(i,1)
                N(i)= 0
            end
        end

end

           ugs=c(1,:)
           rtps=c(2,:)
           nrtps=c(3,:)
        xlabel('Frame')
        hold on
        ylabel('Priority value')
```

```
        hold on
        plot(ugs,'-g')
        hold on
        plot(rtps,'-r')
        hold on
        plot(nrtps,'-b')

    hold on
   h = legend('ugs','rtps','nrtps',3);
set(h,'Interpreter','none')
```

%الخرج موضح في الصفحة 73 الشكل(5−1)(b) تابع الأفضلية من أجل قيم *Ti* التالية (200, 400,800)

4 4 4 برنامج متوسط التأخير من أجل قيم T_i التالية (2 4 8)

```
M=[4  4  4]
K=[1  1  1]
T=[2  4  8]

R(1,1)  =  20
R(2,1)  =  20
R(3,1)  =  20

for j=1:11
    for i=1:3
        N(i,j)=0
    end
end
for j=1:11
    for i=1:3
        c(i,j)=0
    end
end

    for i=1:3
```

```
       c(i,1)=(K(i)*M(i)/R(i,1))

    end

for j=2:10

    x=c(:,j-1)
 l=comper(x)
        for i=1:3
            if (i~=l)
                N(i,j) = N(i,j-1)+1
                R(i,j)=R(i,j-1)*(1-(1/T(i)))+20/T(i)
                c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
              else

               R(i,j)=R(i,j-1)+20/T(i)
            c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
                N(i,j)= 0
            End

        end

end

           ugs=c(1,:)
           rtps=c(2,:)
           nrtps=c(3,:)
           Rugs=R(1,:)
          Rrtps=R(2,:)
           Rnrtps=R(3,:)
           for i=1:3
               s(i,1)=N(i,1)
           end

       for i=1:3
           for j=2:10
               s(i,j)=s(i,j-1)+N(i,j)
           end
```

```
        end

                for i=2:3
             for j=1:10
                 s(i,j)=s(1,j)*(log(1-1/T(1)))/(log(1-
1/T(i)))
             end

        end

             Nugs= s(1,:)
             Nrtps =s(2,:)
             Nnrtps = s(3,:)
          xlabel('Trafic Loading')
          hold on
          ylabel('Averge Delay')
          hold on
          title('Frame')

hold on
   plot(Nugs,'-g')
   hold on
   plot(Nrtps,'-r')
   hold on
   plot(Nnrtps,'-b')
   hold on
   h = legend('ugs','rtps','nrtps',3);
set(h,'Interpreter','none')

%الخرج موضح في الصفحة 74 الشكل(5−2) متوسط التأخير من أجل قيم Ti التالية (2 4 8)
```

4 4 5 برنامج متوسط التأخير من أجل قيم T_i التالية (200 400 800)

```
M=[4 4 4]
K=[1 1 1]
T=[200 400 800]
```

```
R(1,1) = 20
R(2,1) = 20
R(3,1) = 20

for j=1:11
    for i=1:3
        N(i,j)=0
    end
end
for j=1:11
    for i=1:3
        c(i,j)=0
    end
end

    for i=1:3
       c(i,1)=(K(i)*M(i)/R(i,1))
    end

for j=2:10

    x=c(:,j-1)
 l=comper(x)
        for i=1:3
            if (i~=l)
                N(i,j) = N(i,j-1)+1
                R(i,j)=R(i,j-1)*(1-(1/T(i)))+20/T(i)
                c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
              else
               R(i,j)=R(i,j-1)+20/T(i)
            c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
                N(i,j)= 0
            end
        end

end
```

```
            ugs=c(1,:)
            rtps=c(2,:)
            nrtps=c(3,:)
            Rugs=R(1,:)
           Rrtps=R(2,:)
            Rnrtps=R(3,:)
            for i=1:3
                s(i,1)=N(i,1)
            end

        for i=1:3
            for j=2:10
                s(i,j)=s(i,j-1)+N(i,j)
            end
        end
               for i=2:3
            for j=1:10
                s(i,j)=s(1,j)*(log(1-1/T(1)))/(log(1-
1/T(i)))
            end
        end
               Nugs= s(1,:)
            Nrtps =s(2,:)
            Nnrtps = s(3,:)
        xlabel('Trafic Loading')
        hold on
        ylabel('Averge Delay')
        hold on
        title('Frame')
hold on
   plot(Nugs,'-g')
   hold on
   plot(Nrtps,'-r')
   hold on
   plot(Nnrtps,'-b')
   hold on
   h = legend('ugs','rtps','nrtps',3);
set(h,'Interpreter','none')
```

%الخرج موضح في الصفحة 74 الشكل(5−3) متوسط التأخير من أجل قيم Ti التالية (800 400 200)

بنفس الطريقة وبتغيير قيم *Ti* في البرنامج السابق يمكن الحصول على مخططات التأخير من أجل قيم *Ti* المختلفة كمايلي: الشكل(5−4) من أجل قيم *Ti* (100 4 2) صفحة 75، الشكل (5−5) من أجل قيم *Ti* (50 10 4) صفحة76، الشكل(5−6) من أجل قيم *Ti* (50 10 2) صفحة76 ، الشكل(5−7)من أجل قيم *Ti* (50 20 4) صفحة76، الشكل(5−8) من أجل قيم *Ti* (19 9 4) صفحة 77،الشكل(5−9) من أجل قيم *Ti* (40 20 8) صفحة78.

4 4 6 برنامج متوسط التأخير لمخطط RR

```
M=[4 4 4]
K=[1 1 1]
T=[100 101 102]

R(1,1) = 20
R(2,1) = 20
R(3,1) = 20

for j=1:11
    for i=1:3
        N(i,j)=0
    End

End

for j=1:11
    for i=1:3
        c(i,j)=0
    end

end

    for i=1:3
       c(i,1)=(K(i)*M(i)/R(i,1))

    end
```

```
for j=2:10

    x=c(:,j-1)
 l=comper(x)
        for i=1:3
            if (i~=l)
                N(i,j) = N(i,j-1)+1
                R(i,j)=R(i,j-1)*(1-(1/T(i)))+20/T(i)
                c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
              else
               R(i,j)=R(i,j-1)+20/T(i)
            c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
                N(i,j)= 0
            end
        end

end

           ugs=c(1,:)
           rtps=c(2,:)
           nrtps=c(3,:)
           Rugs=R(1,:)
          Rrtps=R(2,:)
           Rnrtps=R(3,:)
           for i=1:3
               s(i,1)=N(i,1)
           end

       for i=1:3
           for j=2:10
               s(i,j)=s(i,j-1)+N(i,j)
           end

       end

              for i=2:3
           for j=1:10
```

```
               s(i,j)=s(1,j)*(log(1-1/T(1)))/(log(1-
1/T(i)))
           end

       end

           Nugs= s(1,:)
           Nrtps =s(2,:)
           Nnrtps = s(3,:)
      xlabel('Trafic Loading')
      hold on
ylabel('Averge Delay')
hold on
title('Frame')
hold on
   plot(Nugs,'-g')
   hold on
   plot(Nrtps,'-r')
   hold on
   plot(Nnrtps,'-b')
   hold on
   h = legend('ugs','rtps','nrtps',3);
set(h,'Interpreter','none')
```

%الخرج موضح في الصفحة 79 الشكل(5-10)متوسط التأخير الزمني في خوارزمية الالتفاف الحلقي

4 4 7 برنامج متوسط التأخير لمخطط PF

```
M=[4 4 4]
K=[1 1 1]
%M=[10 10 10]

T=[7 8 9]

R(1,1) = 20
```

```
R(2,1) = 20
R(3,1) = 20

for j=1:11
    for i=1:3
        N(i,j)=0
    end
end
for j=1:11
    for i=1:3
        c(i,j)=0
    end
end

    for i=1:3
       c(i,1)=(K(i)*M(i)/R(i,1))
      % c(i,1)=5
    end
for j=2:10

    x=c(:,j-1)
 l=comper(x)
        for i=1:3
            if (i~=l)
                N(i,j) = N(i,j-1)+1
                R(i,j)=R(i,j-1)*(1-(1/T(i)))+20/T(i)
                c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
              else
               R(i,j)=R(i,j-1)+20/T(i)
            c(i,j)=K(i)*M(i)/R(i,j)
                N(i,j)= 0
            end
        end

end

           ugs=c(1,:)
           rtps=c(2,:)
```

```
            nrtps=c(3,:)
            Rugs=R(1,:)
            Rrtps=R(2,:)
            Rnrtps=R(3,:)


            for i=1:3
                s(i,1)=N(i,1)
            end

        for i=1:3
            for j=2:10
                s(i,j)=s(i,j-1)+N(i,j)
            end

        end

               for i=2:3
            for j=1:10
                s(i,j)=s(1,j)*(log(1-1/T(1)))/(log(1-
1/T(i)))
            end

        end

            Nugs= s(1,:)
            Nrtps =s(2,:)
            Nnrtps = s(3,:)
       xlabel('Trafic Loading')
       hold on
ylabel('Averge Delay')
hold on
title('Frame')
hold on

   plot(Nugs,'-g')
   hold on
   plot(Nrtps,'-r')
```

```
   hold on
   plot(Nnrtps,'-b')
   hold on

   h = legend('ugs','rtps','nrtps',3);
set(h,'Interpreter','none')
```

%الخرج موضح في الصفحة 79 الشكل(5−11) متوسط التأخير الزمني في خوارزمية الإنصاف التناسبي.

الفصل الخامس

التجارب الحاسوبية و نتائج المحاكاة

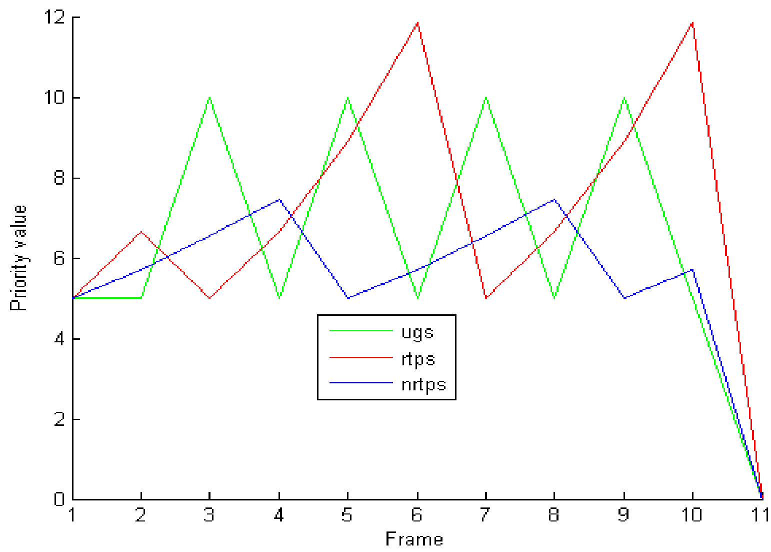
Computing experiments & Simulation Results

5 ـ 1 قابلية التمييز و أداء التأخير لـلمخطط الجديد:

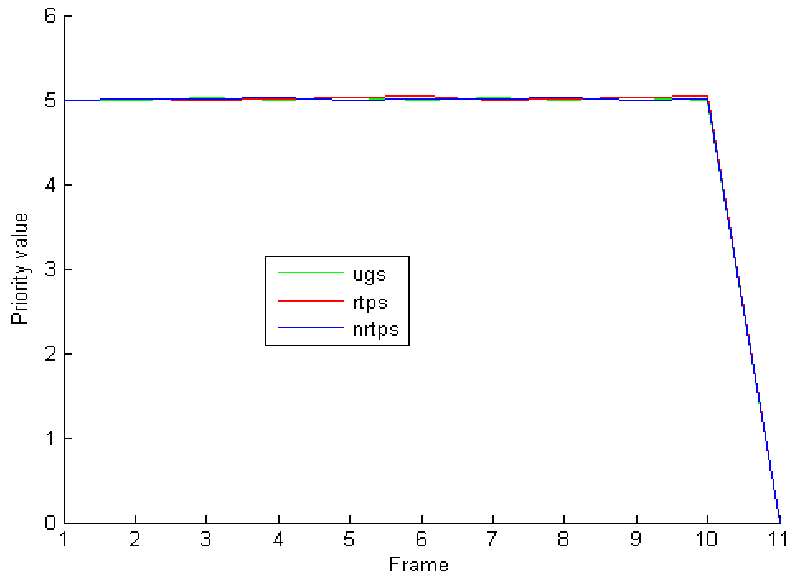
سوف نستقصي أولاً تأثير قيم T_i المختلفة على أفضلية الخدمة للتحقق من إمكانية المخطط الجديد لتمييز أنواع الخدمة. القيم الكبيرة لـ T_i تجعل هذا المخطط يسلك سلوك مخطط PF تقريباً. تكون إنتاجية النظام عالية ولكن يكون هناك تأخير كبير للمعطيات في الرتل. من أجل تطبيقات الزمن الحقيقي، تكون ملائمة قيد التأخير أكثر حرجاً من تحسين الإنتاجية طويلة الأمد.

على أية حال، من أجل تطبيقات الزمن غير الحقيقي، الاعتبار الرئيسي هو الإنتاجية طويلة الأمد. تبعاً لقيد التأخير لكل نوع حركة، يجب ضبط قيم T_i كما يلي: TUGS < TrtPS<TnrtPS

يبين الشكل(5−1) مثالين لتحليل تأثير T_i الذي يمثل القيمة الأولية الوسطية لكل صنف في نظام الحمل الكامل.



(a) تابع الأفضلية من أجل قيم T_i التالية (2,4,8)



(b) تابع الأفضلية من أجل قيم T_i التالية (200,400,800)

الشكل(5-1)مقارنة قيم الأفضلية بمجموعات Ti مختلفة

(a) T_i of UGS, rtPS, nrtPS are [2, 4, 8]

(b) T_i of UGS, rtPS, nrtPS are [200, 400, 800]

حسب المعادلة(3−1) فإن القمم الموجودة في الشكل أعلاه تعني أن الأرتال خدمت.

$$c_i(t) = \frac{W_i(t)}{R_i(t)/(K_i(t)M_i)}$$

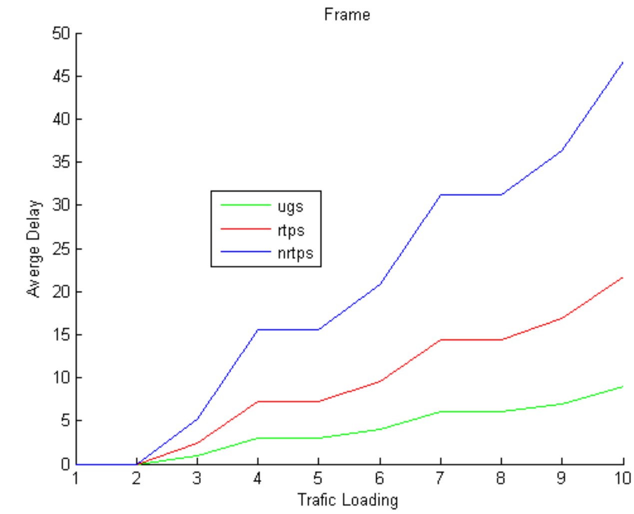
كما في الشكل(5−1) ، بازدياد T_i ، فإن قيم الأفضلية لن تكون حساسة للبارامتير T_i ، على الرغم من تحقق القاعدة $T_{UGS} < T_{rtPS} < T_{nrtPS}$ والتناسب

$T_{UGS} : T_{rtPS} : T_{nrtPS}$ متطابق في المثالين السابقين .

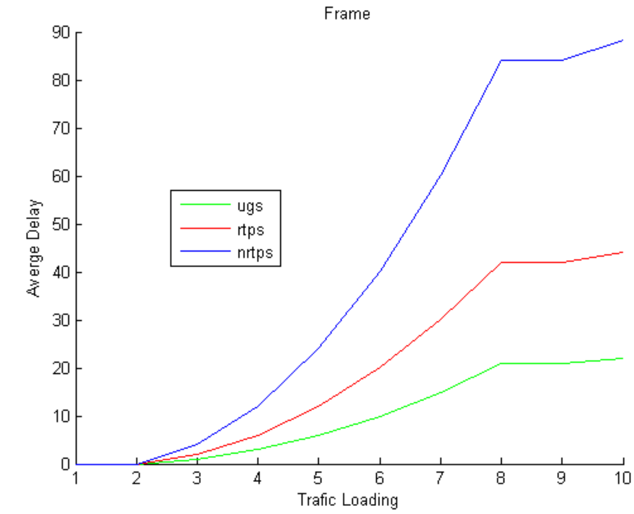
كما هو واضح من الشكل(5−1) (b) فإن تأرجح قيم الأفضلية لكل أنواع الخدمة متناغم مع بعضه ويتبع لتغيرات حالة القناة .

في هذه الحالة فإن أفضلية الوصلة تعتمد بشكل رئيسي على جودة القناة فقط.

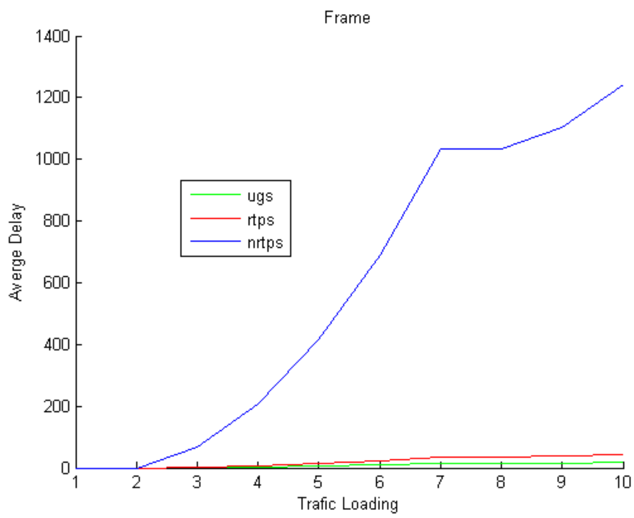
وللتحقق أكثر من النتائج قمنا بتحليل النتائج مع وضع قيم مختلفة لـ T_i حيث تم حساب النتائج بتغيير قيمة واحدة لـ T_i ضمن المجموعة وحصلنا على النتائج التالية كما في الأشكال من الشكل(5−2) وحتى الشكل(5−7)



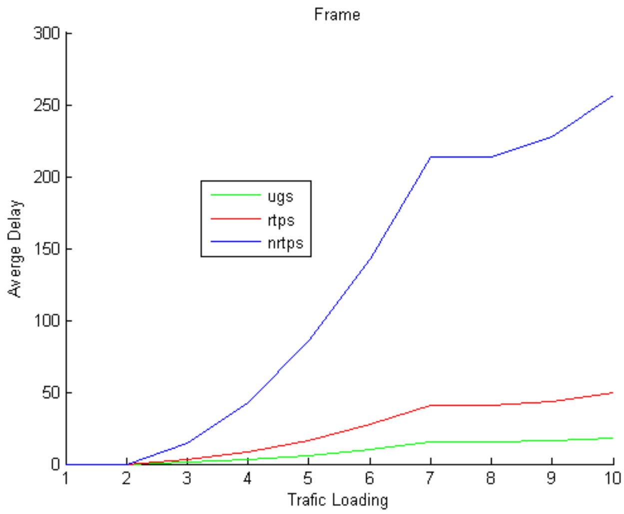
الشكل(5-2)متوسط التأخير من أجل قيم Ti of UGS, rtPs, nrtPS are (2, 4, 8) Ti



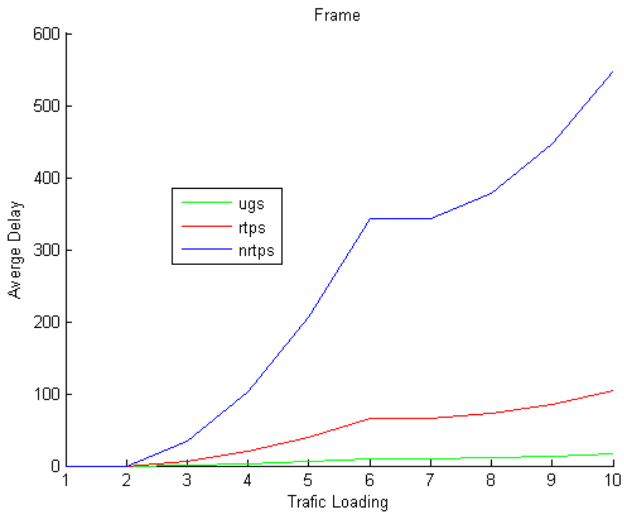
الشكل(5-3)متوسط التأخير من أجل قيمTi of UGS, rtPS, nrtPS are (200, 400, 800) Ti



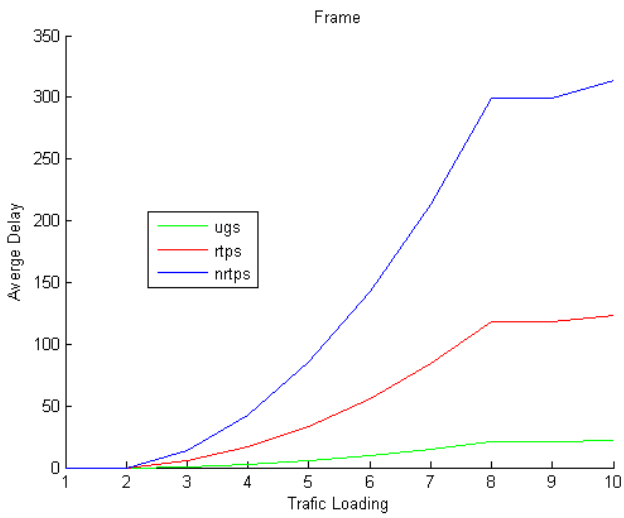
الشكل(5-4)متوسط التأخير من أجل قيم Ti of UGS, rtPS, nrtPS are (2, 4, 100) Ti



الشكل(5-5) متوسط التأخير من أجل قيم Ti of UGS, rtPS, nrtPS are (4, 10, 50)



الشكل(6-5) متوسط التأخير من أجل قيم Ti of UGS, rtPs, nrtPS are (2, 10, 50)



الشكل (7-5) متوسط التأخير من أجل قيم Ti of UGS, rtPs, nrtPS are (4, 20, 50)

سوف نقوم فيما يلي بإجراء بعض الاختبارات على المعادلة(4-4)

$$\frac{N_1}{N_i} = \frac{D_1}{D_i} = \frac{\log(1-\frac{1}{T_i})}{\log(1-\frac{1}{T_1})}, \qquad i \neq 1$$

كما هو واضح في الشكل(5−2) $T_i = [2, 4, 8]$ و الشكل(5−5) $T_i = [4, 10, 50]$ متشابهين جداً بالنسبة لاتجاه الصعود والتأخير الوسطي. نلاحظ ما بين الأشكال5−2 وحتى الشكل(5−7) النسب

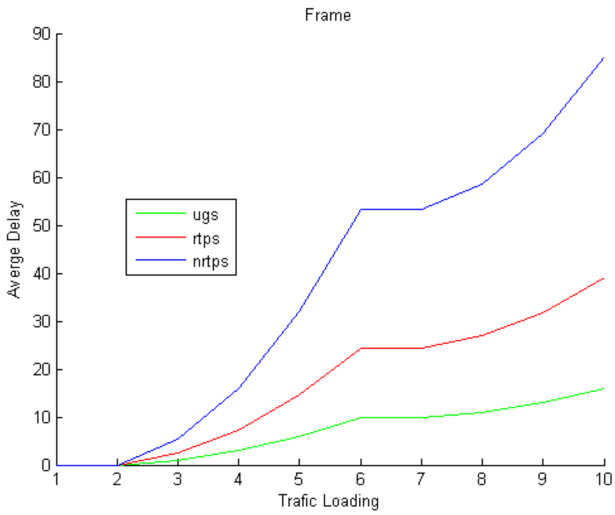
$\text{Log}(1\text{-}1/T_{ugs})\text{:}\log(1\text{-}1/T_{rtps})\text{:}\log(1\text{-}1/T_{nrtps})$ للمجموعتين متقاربة.

وللتحقق أكثر من المعادلة(4-4) نأخذ مجموعتين أخريين مدرجة في الجدول(5−1) بالقيم المحسوبة الموافقة مع النسب المكافئة لها

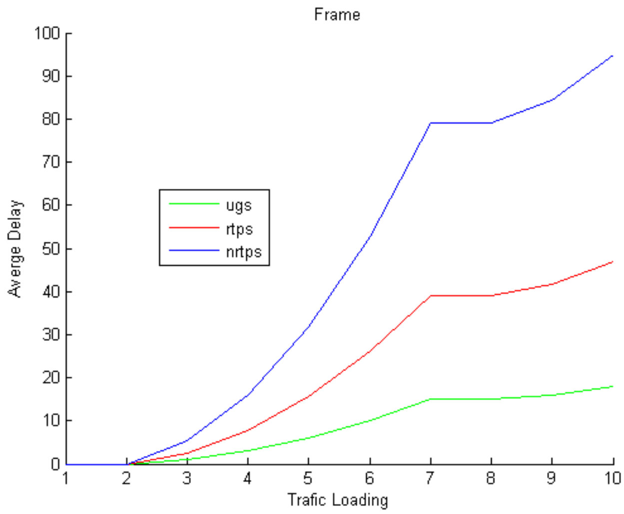
$\text{Log}(1\text{-}1/T_{ugs})\text{:}\log(1\text{-}1/T_{rtps})\text{:}\log(1\text{-}1/T_{nrtps})$ تري الأشكال الشكل(5−2) والشكل(5−8) والشكل(5−9) ثلاث أشكال مثالية تأكد لنا التقييم التقريبي لـ T_i

T_1	T_2	T_3	$\log(1-1/T_1)\text{:}\log(1-1/T_2)$	$\log(1-1/T_1)\text{:}\log(1-1/T_3)$	الشكل
2	4	8	2.41	5.19	الشكل 5−2
4	9	19	2.44	5.32	الشكل 5−8
8	20	40	2.6	5.27	الشكل 5−9

الجدول(5-1)   Ti والقيم التحليلية الموافقة



الشكل(5-8) متوسط التأخير من أجل قيم Ti (4, 9, 19) Ti of UGS, rtPS, nrtPS are



الشكل(5-9)متوسط التأخير من أجل قيم Ti (8, 20, 40) Ti of UGS, rtPS, nrtPS are

5 2 مقارنة مع خوارزميات جدولة (الالتفاف الحلقي) و(الإنصاف التناسبي التقليدي):

في الالتفاف الحلقي RR يتم خدمة كل رتل من UGS ,rtPS, nrtPS بشكل متساوي. تحدد كمية الفتحات الزمنية المسندة لكل رتل حسب الطلب. وبالتالي لا نجدول توزع المصادر إطار تلو الإطار ، وكل رتل يخدم حسب دوره فقط. والسعة المتبقية من الفتحات الزمنية الحالية تسند إلى أرتال الجهد الأفضل BE التابع لنفس المحطة SS .

أما بالنسبة لخوارزمية جدولة الإنصاف التناسبي التقليدية يتم تحديد قياس تابع الأفضلية حسب النسبة الفعالة لكل من معدل المعطيات العادي إلى معدل متوسط الخدمة كما يلي :

$$\mu_i(t) = \frac{r_i(t)}{R_i(t)}$$

حيث Ri(t) تحدد بشكل متزايد كما يلي:

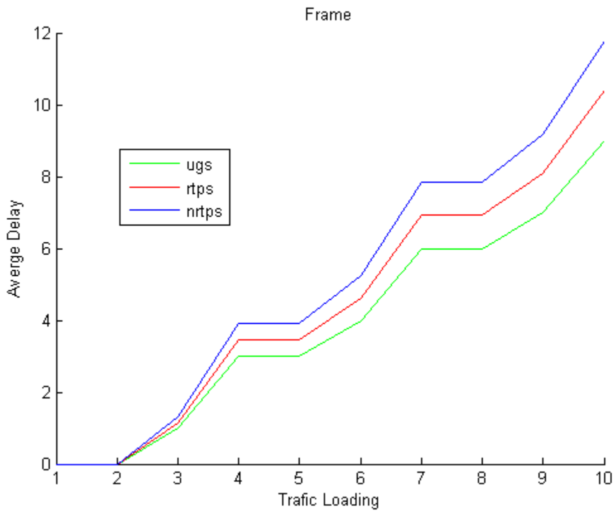
$$R_i(t) = (1-\frac{1}{T_i})R_i(t-1) + (\frac{1}{T_i})r_i(t-1)$$

بإهمال معدلات المعطيات المحجوزة الأصغرية لكل نوع خدمة يمكن في تابع الأفضلية التقسيم على هذه القيمة وبالتالي يمكن كتابة تابع الأفضلية كما يلي :

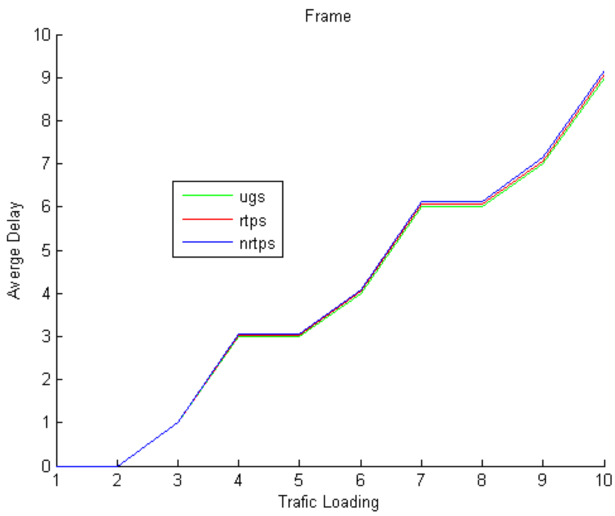
$$\mu_i(t) = \frac{r_i(t)}{R_i(t)/(K_i(t)M_i)}$$

وهي نفسها في خوارزمية الجديدة المقترحة مع وضع قيمة T_c ثابتة

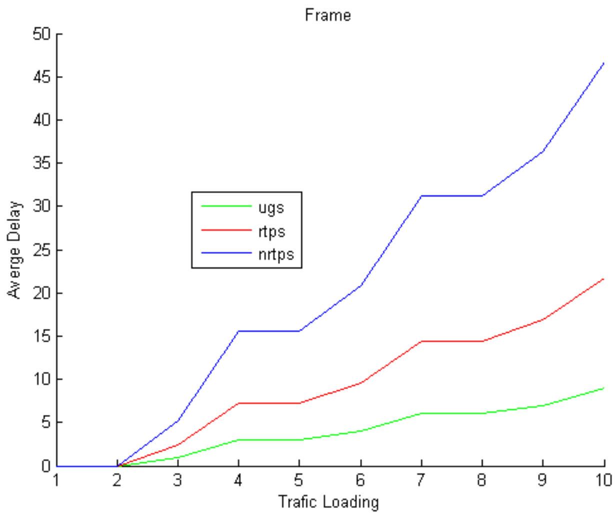
نتائج المحاكاة مبينة في الشكل(5−10) و الشكل(5−11) و الشكل(5−12)



الشكل(5-10) متوسط التأخير الزمني في الالتفاف الحلقي



الشكل(5-11) متوسط التأخير الزمني في الإنصاف التناسبي



الشكل(5-12)متوسط التأخير الزمني في الخوارزمية الجديدة

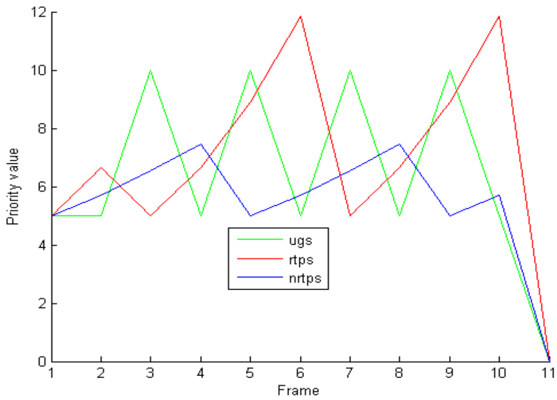
كما هو واضح من نتائج المحاكاة فإن كل من خوارزمية الالتفاف الحلقي و الإنصاف التناسبي التقليدي لا يمكنها التمييز بين أصناف الخدمة الثلاث UGS ,rtPS, nrtPS ، وكذلك خدمة BE بما يتبقى لديها من بتات فارغة في نفس الإطار الزمني .

يبين الشكلين(5−10) و (5−11) السابقين أداء التأخير في كل من الخوارزميتين السابقتين حيث يظهر وبشكل واضح عدم إمكانية أي منهما على تمييز أصناف الخدمة الثلاث UGS ,rtPS, nrtPS .

بينما يبين الشكل(5−12)إمكانية الخوارزمية الجديدة من تمييز كافة أنواع الخدمات من حيث التأخير الوسطي. حيث يظهر لنا التأخير من أجل كل نوع خدمة يتغير بشكل متناسب مع باقي الخدمات الأخرى وبحيث تبقى نسبة التأخير الوسطي لكل خدمة ثابتة بالنسبة لمتوسط التأخير للخدمتين المتبقيتين كما في الجدول(5−1)

5 3 تلخيص النتائج :

- ✓ اقتراح خوارزمية جدولة زمنية جديدة .
- ✓ تم تخصيص تابع أفضلية واحد لتخصيص الأولوية لكل رتل، بدلاً من ترتيب الصفوف مع مخططات جدولة مختلفة كما في خوارزمية الطبقة المتصالبة حيث لك نوع خدمة تابع أفضلية خاص بها.
- ✓ قياس الأفضلية هذا يعتمد بشكل رئيسي على الجدولة PF التي تجعله سهل التطبيق.
- ✓ الخوارزمية الجديدة تأخذ في حسابها تلبية متطلبات جودة الخدمة QoS من حيث التأخير الوسطي لكل وصلة.
- ✓ لاحظنا من خلال المحاكاة أن المخطط المفروض استطاع تمييز كل أنواع الخدمات. كما في الشكل(5-1)



- ✓ كما تم توضيح النتائج على كيفية تغيير قيم T_i وتأثيرها على متوسط التأخير.
- ✓ سهولة بناء مثل هذه الخوارزمية بسبب اعتمادها على خوارزمية الإنصاف التناسبي .
- ✓ سهولة نشرها وتوسيعها على نطاق كبير.
- ✓ قدمت الخوارزمية الجديدة الرضى على التأخير لكل نوع خدمة .
- ✓ تجعل القيم الصغيرة لـ T_i التأثير ذو الأهمية الكبيرة لـ T_i أما زيادة قيم T_i بشكل كبير يجعل التأثير بشكل أساسي لحالة القناة وليس لزمن التأخير
- ✓ يمكن تقدير قيم T_i بشكل تقريبي بواسطة التناسب $i \neq 1$ $\quad \frac{N_1}{N_i} = \frac{D_1}{D_i} = \frac{\log(1-\frac{1}{T_i})}{\log(1-\frac{1}{T_1})},$ كما في الجدول(5-1).

T_1	T_2	T_3	$\log(1-1/T_1):\log(1-1/T_2)$	$\log(1-1/T_1):\log(1-1/T_3)$	الشكل
2	4	8	2.41	5.19	الشكل 5–2
4	9	19	2.44	5.32	الشكل 5–8
8	20	40	2.6	5.27	الشكل 5–9

- ✓ يتألف البارميتر T_i من تركيب تنافسي بين متوسط التأخير والإنتاجية الوسطية، حيث يجب أن يملك T_i من أجل UGS و rtPS قيم أصغر بكثير من القيم اللازمة من أجل nrtPS
- ✓ زيادة أي قيمة لـ T_i في أي مجموعة يزيد متوسط التأخير للرتل الموافق وينقص قيم التأخير الوسطي للخدمتين المتبقيتين .

5 4 الآفاق المستقبلية للبحث:

- ✓ يمكن تطبيق هذه الخوارزمية على شريحة FPGA مع نظام WiMax كامل لتطبيقها بشكل تجاري بالتعاون مع إحدى شركات WiMax مثل شركات.... cisco, Airspan, RedLine
- ✓ في البناء الحقيقي ، التقدير الدقيق لقيم T_i تحتاج إلى مزيد من الأبحاث من أجل دراسة آلية تأثير قيد التأخير لكل نوع خدمة على القيم الحقيقية لـ T_i في النظام الكامل.
- ✓ الأخذ بعين الاعتبار معدل ظروف القناة لكل مستخدم بين محطات ss ليكون لكل محطة أيضاً T_i مختلفة لزيادة جودة الخدمة لكل محطة وكل نوع خدمة.
- ✓ بالرغم من أن هذه الخوارزمية قد تم تصميمها من أجل شبكات WiMax إلا أنه يمكن استخدام هذه الخوارزمية في الشبكات اللاسلكية الخليوية الحديثة و كل من شبكات IEEE 802.11 و شبكات IEEE 802.15

5 المراجع 5

1. WiMax A Wireless Technology Revolution, G. S. V. Radha Krishna Rao G. Radhamani, © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC
2. Fundamentals of WiMax : understanding broadband wireless networking, Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed..2007
3. Understanding Wi-Fi and WiMax as Metro-Access Solutions, paper, Intel Corp., IEEE 802.16* and WiMax: Broadband Wireless Access for Everyone, 2003,
4. IEEE 802.16a Standard and WiMax Igniting Broadband Wireless Access White Paper
5. IEEE standard 802.16 working group, IEEE standard for local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for fixed broadband wireless access systems, Oct. 2004
6. K.Wongthavarawat, and A.Ganz, “Packet scheduling for QoS support in IEEE 802.16 broadband wireless access systems,” International Journal Communication System, pp. 81–96, 2003.
7. A.Jalali, R. Padovani, and R. Pankaj, “Data throughput of CDMA-HDR a high efficiency-high data rate personal communication wireless system,” Proc. IEEEE VTC pp. 1854-1858, 2000, Tokyo, Japan.
8. P.Viswanath, D.N.C.Tse, and R. Laroia, “Opportunistic beamforming using dumb antennas,” IEEE Transactions on Information Theory, vol. 48, no.6, pp. 1277-1294, Jun. 2002.
9. J.M. Holtzman, “Asymptotic analysis of proportional fair algorithm,” in Proc. IEEE PIMRC 2001, San Diego, CA, pp. 33-37.
10. Q.Liu, S.Zhou, and G.B.Giannakis, “A Cross-layer scheduling Algorithm with QoS support in wireless networks,” IEEE Transactions on vehicular Technology, vol.55, No.3, May.2006.
11. Steven J.Vaughan-Nichols, “Achieving Wireless Broadand with WiMAX” IEEE Communication Magazine, vol. 37, issue 6, Jun. 2004, pp.10-13
12. Cicconetti, C., Lenzini, L., Mingozzi, E., Eklund, C., “Quality of service support in IEEE 802.16 networks,” Network IEEE, vol. 20, Issue 2, pp.50-55, Mar.-Apr. 2006.

13. H.J.Kushner and P.A.Whiting, “Convergence of proportional-fair sharing algorithms under general conditions,” IEEE Transactions on Wireless Communications, 2003.
14. Y. Liu and E. Knightly “Opportunistic Fair Scheduling over Multiple Wireless Channels,” In Proc. IEEE INFOCOM’03, San Francisco, CA, June 2003.
15. WiMax Forum: www.wimaxforum.org ,10-2010 mnnm
16.www.intel.com/netcomms/technologies/wimax , 3-2009